

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Optimalizace výrobního postupu náboje kola

Optimalization of the Hub Production

Student:

Bc. Ondřej Grúz

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Václav Musil

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Grúz**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Optimalizace výrobního postupu náboje kola**
Optimization of the Hub Production

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor daného problému.
3. Návrh řešení dané problematiky.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

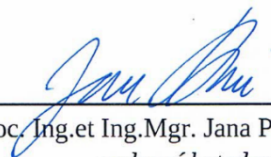
ŠTUPLA, Miloslav. *CNC obrábecí stroje a jejich programování*. Praha: BEN -technická literatura, 2006. ISBN 978-80-7300-207-7.
BRYCHTA, Josef; SADÍLEK Marek; ČEP Robert; PETRŮ Jana. *Progresivní metody v obrábění: studijní opora*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. 2011. ISBN 978-80-248-2513-7.
NESLUŠAN, Miroslav. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2007. ISBN 978-80-8070-711-8.
HAVRILA, Michal; Jozef ZAJAC; Josef BRYCHTA; Jozef JURKO. *Top trendy v obrábání. I. část – Obráběné materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. ISBN 80-968954-2-7.
PERNIKÁŘ, Jiří; Josef VAČKÁŘ a Miroslav TYKAL. *Jakost a metrologie*. Brno: CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1997-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Musil**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní údaje technologické dokumentace výroby náboje kola získané od firmy Velosteel Trading a.s., Loučná nad Desnou, firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 21. května 2018.

..... Ondřej Griz

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018.

.....Ondřej Grúz.....

Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Ondřej Grúz

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kociánov 7, 78811 Loučná nad Desnou

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

GRÚZ, O. *Optimalizace výrobního postupu náboje kola: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské technologie, 2018, 86 s. Vedoucí práce: Musil, V.

Diplomová práce se zabývá optimalizací výrobního postupu náboje kola a přináší tak inovativní řešení v procesu výroby. Úvodní část je soustředěna na porovnání nového a původního tvaru z hlediska geometrie a přídavek na obrábění. Na základě těchto hledisek byl navržen technologický postup, a to za použití strojního vybavení firmy Velosteel Trading a.s. V experimentálních částech je práce zaměřena na zvýšení životnosti VBD u vyvrtávání výkovku a soustružení cementovaného náboje. U operace vyvrtávání výkovku je navržen optimální typ upínacího přípravku, který zamezí nepřesnému upnutí na vyvrtávacím stroji a eliminuje koeficient kvality výroby. U navrženého výrobního postupu s použitými výsledky experimentálních zkoušek je dosaženo vysoké kvality a výrazných finančních úspor.

Klíčová slova: Optimalizace, náboj kola, technologický postup, experiment, upínací přípravek, kvalita, přesnost upínání

ANNOTATION OF MASTER THESIS

GRÚZ, O. *Optimization of the Hub Production: Master Thesis*. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, assembly and engineering metrology, 2018, 86 p. Thesis head: Musil, V.

This diploma thesis deals with the optimization of the production process of the wheel hub and brings innovative solutions in the production process. The introductory part focuses on the comparison of the new and original shape in terms of geometry and machining allowances. Based on these considerations a technological process was designed using machining equipment of Velosteel Trading a.s. In the experimental parts, the thesis is focused on increasing the life of VBD for drilling forgings and turning cementized *hub*. An optimal type of clamping device for drilling of forgings is designed to prevent inaccurate clamping at boring machine and to eliminates production quality factor. The proposed manufacturing process with the results of the experimental tests results in high quality and significant financial savings.

Key words: Optimization, wheel hub, technological process, experiment, clamping device, quality, precision clamping

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
Seznam ilustrací	9
Seznam grafů.....	12
Seznam tabulek	13
1. Úvod	14
2. Teoretický rozbor dané problematiky	15
2.1 Plášť náboje kola	16
2.2 Materiál navržené součástky	17
2.3 Detailní rozbor nově navrženého náboje	18
2.3.1 Porovnání výkovků pro obrábění	18
2.3.2 Přídavky na obrábění	18
3. Návrh řešení dané problematiky	22
3.1 Návrh nového technologického postupu.....	22
3.2 Charakteristika operací technologického postupu	29
3.2.1 Kování polotovaru pro soustružení.....	29
3.2.2 Vyvrtávání otvoru.....	30
3.2.2.1 Nástroj pro vyvrtávání.....	32
3.2.2.2 Experiment č.1 – řezná rychlost při vyvrtávání výkovku.....	33
3.2.2.3 Návrh optimálního řešení pro upnutí výkovku	37
3.2.3 Obrábění výkovků na jednoúčelovém kopírovacím soustruhu.....	44
3.2.3.1 Nástroj pro soustružení povrchu	47
3.2.4 Soustružení kulové dráhy	48
3.2.4.1 Použité nástroje	50
3.2.5 Vrtání otvorů věnců.....	53
3.2.5.1 Použité nástroje	54
3.2.6 Zhloubení otvorů věnců.....	55
3.2.6.1 Použitý nástroj	56

3.2.7	<i>Ražení znaku.....</i>	57
3.2.7.1	<i>Použitý nástroj.....</i>	58
3.2.8	<i>Tepelná úprava materiálu – cementace a kalení</i>	59
3.2.9	<i>Popouštění</i>	60
3.2.11	<i>Tryskání</i>	62
3.2.12	<i>Broušení povrchu pláště</i>	64
3.2.12.1	<i>Použitý nástroj.....</i>	65
3.2.13	<i>Galvanické pokovení součástí</i>	66
3.2.14	<i>Broušení brzdové dráhy</i>	68
3.2.14.1	<i>Použitý nástroj.....</i>	69
3.2.15	<i>Soustružení kulových drah</i>	69
3.2.15.1	<i>Použitý nástroj.....</i>	71
3.2.15.2	<i>Experiment č. 2 – zkoušení řezných rychlostí při soustružení.....</i>	72
4.	Technicko – ekonomické zhodnocení.....	75
4.1	<i>Materiálová kalkulace</i>	75
4.2	<i>Kvalita výroby.....</i>	76
4.3	<i>Zhodnocení experimentálních zkoušek.....</i>	77
4.4	<i>Celkové ekonomické zhodnocení výrobního postupu</i>	79
5.	Závěr	81
	Seznam použité literatury	83
	Seznam příloh.....	86

Seznam použitých značek a symbolů

A	Tažnost	[%]
a_p	Hloubka řezu	[mm]
f	Posuv	[m.min ⁻¹]
f_{ot}	Posuv za otáčku	[mm.ot ⁻¹]
f_{po}	Posuv – podélný	[mm.ot ⁻¹]
$f_{př}$	Posuv – příčný	[mm.ot ⁻¹]
KV	Houževnatost	[J]
n	Otáčky	[ot.min ⁻¹]
Ra	Střední aritmetická odchylka	[μm]
Re	Mez kluzu	[MPa]
Rm	Mez pevnosti	[MPa]
t_s	Strojní čas	[s]
v_c	Řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
Z	Kontrakce	[%]

BDA	Automatická bruska na otvory
JUM	Jednoúčelový manipulátor
JUS	Jednoúčelový stroj
MJ	Manipulační jednotka
PÚ	Povrchová úprava
VBD	Vyměnitelná břitová destička

Seznam ilustrací

Obrázek 2.1 – Řez zadním volnoběžným nábojem s protišlapací brzdou	16
Obrázek 2.2 – Řez navrženého náboje kola.....	16
Obrázek 2.3 – Přídavky na obrábění původní tvar	19
Obrázek 2.4 – Přídavky na obrábění nový tvar	19
Obrázek 2.5 – Upnutí špatně soustruženého kusu	20
Obrázek 2.6 – Přídavek na obrábění v oblasti otvoru: nový tvar	21
Obrázek 2.7 – Odchylka válcových ploch ¹¹	21
Obrázek 3.1 – Operace I, operace II, operace III.....	29
Obrázek 3.2 – Upnutí obrobku do prizmat	30
Obrázek 3.3 – Založení obrobeného kusu do původního přípravku.....	30
Obrázek 3.4 – Schéma pracoviště.....	31
Obrázek 3.5 – Mezní válečkový kalibr	31
Obrázek 3.6 – Vyvrtávací tyč pro břitovou destičku SPMR 120308 IC9350	32
Obrázek 3.7 – Vyměnitelná břitová destička SPMR 120308 ⁴	32
Obrázek 3.8 – Zvětšení povrchu otvoru 23× (700 ot.min ⁻¹)	34
Obrázek 3.9 – Zobrazení řezu náboje v ose – zvětšení 69×	34
Obrázek 3.10 – Zvětšení povrchu otvoru 23× (1400 ot.min ⁻¹)	35
Obrázek 3.11 – Zobrazení řezu náboje v ose – zvětšení 69×	35
Obrázek 3.12 – Zvětšení povrchu otvoru 23× (2800 ot.min ⁻¹)	36
Obrázek 1.13 – Zobrazení řezu náboje v ose – zvětšení 69×	36
Obrázek 3.14 – Varianta upnutí č. 1 ³	38
Obrázek 3.15 – Deformovaný tvar věnce výkovku	39
Obrázek 3.16 – Rozměr věnce v ose x a y	39
Obrázek 3.17 – Varianta upnutí č. 2	40
Obrázek 3.18 – Profil krátkého krčku výkovku.....	40
Obrázek 3.19 – Varianta upnutí č. 3	41
Obrázek 3.20 – Rádus v kořeni věnce	41
Obrázek 3.21 – Upnutí výkovku do prizmat.....	42
Obrázek 3.22 – Schéma vyvrtávání na JUS 26.....	42
Obrázek 3.23 – Přípravek na vyvrtávání výkovku	43
Obrázek 3.24 – Dráha nástrojů levého a pravého suportu.....	44
Obrázek 3.25 – Šablona levého suportu	44
Obrázek 3.26 – Šablona pravého suportu	44

Obrázek 3.27 – Schéma kopírovacího mechanismu	45
Obrázek 3.28 – Upínací trn soustruhu	45
Obrázek 3.29 – Mezní třmenové měřidla vnějších průměrů ³	46
Obrázek 3.30 – Manipulátor MJ 79 ke kopírovacímu soustruhu ³	46
Obrázek 3.31 – Držák SK řezné destičky firmy ISCAR ⁶	47
Obrázek 3.32 – Břitová destička SK TNMG 160408-GN ⁴	47
Obrázek 3.33 – Schéma obrábění	48
Obrázek 3.34 – Upnutí polotovaru na trn stroje ²	49
Obrázek 3.35 – Měřidlo osové souměrnosti kolové dráhy	49
Obrázek 3.36 – Měřidlo výšky kulových drah	50
Obrázek 3.37 – Detail lůžka nože pro JUS 38 ⁷	50
Obrázek 3.38 – Řezná destička SK ⁷	51
Obrázek 3.39 – Držák nože A20Q-PWLNR06 ⁸	51
Obrázek 3.40 – Řezná destička WNMG060404-FF2 ⁸	52
Obrázek 3.41 – Schéma vrtání otvorů do věnce	53
Obrázek 3.42 – Upínač vrtacího stroje	53
Obrázek 3.43 – Měřidlo polohy otvorů ve věnci	54
Obrázek 3.44 – Měřidlo souososti	54
Obrázek 3.45 – Vrták HSS střední řady ČSN 221121 ⁹	54
Obrázek 3. 46 – Schéma zahlubování otvorů věnce	55
Obrázek 3.47 – Upnutí polotovaru do upínacího kornoutu	56
Obrázek 3.48 – Mezní trn ³	56
Obrázek 3.49 – Vrták HSS CO PN 2915 ¹⁰	57
Obrázek 3.50 – Ražení znaku	57
Obrázek 3.51 – Upnutí mezi vodící válce.....	58
Obrázek 3.52 – Detailní tvar znaku ³	58
Obrázek 3.53 – Razník pro ražení znaku na náboj ⁷	58
Obrázek 3.54 – Kalení kusů do vodní lázně	59
Obrázek 3.55 – Schéma cementace a kalení ³	60
Obrázek 3.56 – Schéma popouštění ³	60
Obrázek 3.57 – Kotoučová pila LAM PLAN	61
Obrázek 3.58 – Příprava metalografického vzorku	61
Obrázek 3.59 – Cementační vrstva	62
Obrázek 3.60 – Měření tvrdosti Rockwell.....	62
Obrázek 3.61 – Tryskací box Apa Polska Tor DVD 1000A ²	63

Obrázek 3.62 – Náboj před tryskáním	64
Obrázek 3.63 – Náboj po tryskání	64
Obrázek 3.64 – Broušení povrchu náboje kola	64
Obrázek 3.65 – Nový tvar brusného kotouče	65
Obrázek 3.66 – Galvanické pokovení Ni a Cr	67
Obrázek 3.67 – Schéma broušení brzdné dráhy	68
Obrázek 3.68 – Mezní válečkový kalibr ³	68
Obrázek 3.69 – Brusný kotouček TYROLIT	69
Obrázek 3.70 – Soustružení kulové dráhy náboje	70
Obrázek 3.71 – Měřidlo výšky kulových drah ³	70
Obrázek 3.72 – Detail soustružené kulové dráhy	71
Obrázek 3.73 – Vyměnitelná břitová destička RNGN 090300T (IN22)	71
Obrázek 3.74 – Sestava nástroje pro JUS 28	72
Obrázek 3.76 – Nalepení materiálu podél řezné hrany na čelní ploše	73
Obrázek 3.75 – Vylomení řezné hrany	73
Obrázek 3.78 – Vylomení podél řezné hrany	74
Obrázek 3.77 – Rozlomení břitové destičky na podél	74

Seznam grafů

Graf 1 – Změna průměrů otvorů v závislosti na řezné rychlosti	37
Graf 2 – Znázornění výsledků z experimentu č. 2	74
Graf 3 – Přehled opravitelných a neopravitelných obrobků	76
Graf 4 – Ekonomické znázornění experimentu č. 1	78
Graf 5 – Ekonomické znázornění experimentu č. 2	78

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Chemické složení oceli 12 024 [hm. %] ¹	17
Tabulka 2 – Mechanické vlastnosti oceli 12 024 ¹	17
Tabulka 3 – Fyzikální vlastnosti polotovarů.....	18
Tabulka 4 – Analýza vnějších přídavků na obrábění: původní tvar	19
Tabulka 5 – Analýza vnějších přídavků na obrábění: nový tvar	20
Tabulka 6 – Parametry vyvrtávacího stroje JUS 26	31
Tabulka 7 – Parametry řezné destičky SPMR 120308 ⁴	32
Tabulka 8 – Charakteristika povlaku SPMR 120308 ⁴	33
Tabulka 9 – Řezné podmínky pro VBD SPMR 120308.....	33
Tabulka 10 – Otáčky vřetena: 700 ot.min ⁻¹	34
Tabulka 11 – Otáčky vřetena: 1400 ot.min ⁻¹	35
Tabulka 12 – Otáčky vřetena: 2800 ot.min ⁻¹	36
Tabulka 13 – Změny vnějších průměrů výkovku závislých při upínání do prizmat	43
Tabulka 14 – Charakteristika soustruhu JUS 28.....	45
Tabulka 15 – Parametry nožového držáku MTJN 2020 K6 ⁶	47
Tabulka 16 – Detailní parametry SK nástroje ⁴	48
Tabulka 17 – Řezné podmínky pro VBD TNMG 160408-GN ²	48
Tabulka 18 – Parametry stroje JUS 38	49
Tabulka 19 – Řezné podmínky pro VBD TNMG 160408-GN	51
Tabulka 20 – Detailní informace držáku A20Q-PWLNR06 ⁸	52
Tabulka 21 – Detailní parametry SK nástroje WNMG060404-FF2 ⁸	52
Tabulka 22 – Řezné podmínky pro řeznou destičku.....	52
Tabulka 23 – Parametry vrtacího automatu	53
Tabulka 24 – Parametry navržených nástrojů ⁹	55
Tabulka 25 – Navržené řezné podmínky pro Vrták Ø 2,9 a 3,2 HSS ČSN 221121	55
Tabulka 26 – Parametry zahlubovacího stroje VS 20.....	56
Tabulka 27 – Parametr navrženého nástroje ⁸	57
Tabulka 28 – Řezné podmínky navrženého nástroje	57
Tabulka 29 – Parametry cementační pece	59
Tabulka 30 – Parametry popouštěcí pece R.SH.O.M.....	60
Tabulka 31 – Parametry tryskacího boxu Apa Polska Tor DVD 1000A ¹⁰	63
Tabulka 32 – Parametry kotoučové brusky	65
Tabulka 33 – Technické informace brusného kotouče ³³	66

Tabulka 34 – Jakost navrženého brusného nástroje ³	66
Tabulka 35 – Řezné podmínky při broušení na kulato	66
Tabulka 36 – Technologické uspořádání van galvanické linky ³	67
Tabulka 37 – Jakost brusného kotoučku pro BDA 120	69
Tabulka 38 – Řezní podmínky pro broušení otvoru	69
Tabulka 39 – Charakteristika soustruhu JUS 28.....	70
Tabulka 40 – Řezné podmínky pro VBD RNGN 090300T (IN22).....	72
Tabulka 41 – Zkouška nízké řezné rychlosti při soustružení kulové dráhy.....	73
Tabulka 42 – Zkouška vyšší řezné rychlosti při soustružení kulové dráhy	74
Tabulka 43 – Materiálová kalkulace nového tvaru náboje	75
Tabulka 44 – Závislost strojního času na úspoře Nh	77
Tabulka 45 – Úspora mzdových nákladů u operace vyvrtávání	77
Tabulka 46 – Úspora vyměnitelných břitových destiček u vyvrtávání	78
Tabulka 47 – Úspora vyměnitelných břitových destiček u soustružení cementační vrstvy	79
Tabulka 48 – Celková roční odhadnutá úspora při zavedení nového postupu	80

1. Úvod

Tato diplomová práce byla zpracována ve firmě Velosteel Trading a.s., zabývající se tradiční výrobou „volnoběžky“ zadního volnoběžného náboje s protiřlapací brzdou. Podnik působí na tuzemském i zahraničním trhu již od roku 1997. V dřívějších letech byl součástí závodu Velamos Sobotín, kde se vyráběly celé sestavy cyklistických kol.

Výroba náboje kola je složena z mnoha technologických operací. Jednotlivé operace jsou uspořádané dle původního postupu, který byl aplikován v předešlých letech. Některé operace mají nedostatky v přesnosti ustavení obrobku, které je zapotřebí vyřešit. Cílem diplomové práce je, navržení technologického postupu na novém tvaru náboje kola za použití námětu z bakalářské práce. V experimentální části se zaměřuji na zvýšení živostnosti nástroje v operaci vyvrtávání a soustružení kulové dráhy po tepelném zpracování. Dále je nezbytně nutné se zaměřit na zdokonalení ustavení obrobku v přípravku jednoúčelového vyvrtávacího stroje. Výroba náboje kola by měla být z hlediska ekonomického pro firmu prospěšná.

Technologický postup výroby náboje kola má za cíl zvýšit přesnost a kvalitu výroby. Nový tvar pláště náboje je navržen z důvodu snížení normy spotřeby materiálu. Ta je důsledkem i snížení technologického odpadu, který při této změně je výrazně nižší. Přeměna profilu těla je výrazná ve vnější oblasti mezi věnci náboje. Polotovarem pro obráběcí operace je výkovek vytvořený lisováním za tepla. Materiál zpracovaný lisováním dosahuje průměrových i délkových rozměrů v toleranci $\pm 0,4$ mm.

Diplomová práce volně navazuje na bakalářskou práci, kde bylo zjištěno, že povrchovou úpravou tryskáním náboje po kování, se zlepšila kvalita povrchu výkovku, která značně zabránila prašnosti při následném obrábění. V práci bylo zkoušeno, zda lze soustružit povrch výkovku na jednu operaci tzn. bez soustružení nahruho. V experimentální části byly zkoumány posuvové rychlosti, u kterých bylo dosaženo tolerovaných rozměrů s ideálním povrchem. Navržená optimální posuvová rychlost u podélného soustružení byla $0,228 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ a u příčného posuvu $0,101 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$. Z ekonomického hlediska by realizace tohoto experimentu v práci byla velkým přínosem pro firmu.

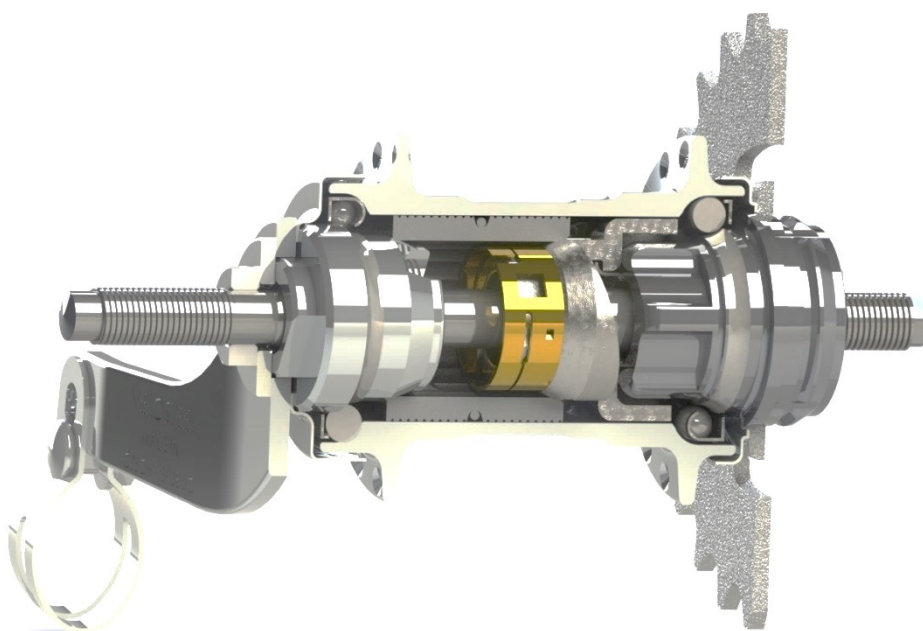
2. Teoretický rozbor dané problematiky

V tomto období roste význam zahraničního obchodu a zesiluje se tvrdá mezinárodní konkurence. Projevuje se zejména v oblasti jakosti, výrobky s nízkou jakostí se prodávají jen obtížně a za nízkých cen. Největší konkurencí firmy Velosteel Trading jsou státy z Asijských zemí. Na trhu nabízejí výrobek za poloviční ceny s nižší kvalitou, což je pro spotřebitele výhodnější jen z finančního hlediska. Proto je nutné, aby firma pečovala o jakost výrobků a prováděla výrobní inovace s vyšší kvalitou výroby. Kromě toho je zapotřebí také klást důraz na přesnou kontrolu kvality ve výrobní etapě a na poskytování všestranných odborných služeb. [12]

Jednorychlostní zadní volnoběžný náboj s protiřlapací brzdou je vysoce spolehlivý a osvědčený mechanismus. Používá se zejména na cyklistická kola, používaná na krátké vzdálenosti. Brzdící mechanismus „volnoběžky“ pracuje na způsobu zpětného chodu šlapky. Nelze tedy při šlapání dozadu náboj použít jako hnací element, ale jako brzdu.

Náboj znázorněný na obrázku č. 2.1 je opatřený zaklapávacím pastorkem nasunutým na zabírací hlavě a zajištěný pérkem. Hlava je pomocí dvou kuličkových klecí ukotvena mezi oskou a tělem náboje. Součástí sestavy zabíracího mechanismu je brzdový koš s válečky, sloužící jako volnoběžná spojka přenášející točivý moment v jednom směru. Při záběru dopředu zabírá o vnitřní část pláště náboje a u zpětného pohybu se volně protáčí. Válečkový koš společně s brzdovým kuzelem jsou na sebe vázány křivkami s optimálním stoupáním, které při brzdění tvoří spirálu (axiální posuv mechanismu při brzdění). Při chodu dopředu je válečkový kužel veden v brzdovém bubnu volnoběžně. U opačného chodu mechanismus pracuje jako brzda. Vnitřní tvar bubnu je tvořen drážkami zabraňující prokluz válečků koše v případě brzdění. Brzdový buben je opatřen dvěma prolisy, přenášející reakční sílu na pákový kužel. Tělo kužele je tvořeno kulovou dráhou pro kuličkové ložisko. Dále je opatřeno vybráním pro usazení reakční páky, která přenáší brzdný moment na zadní vidlici kola.

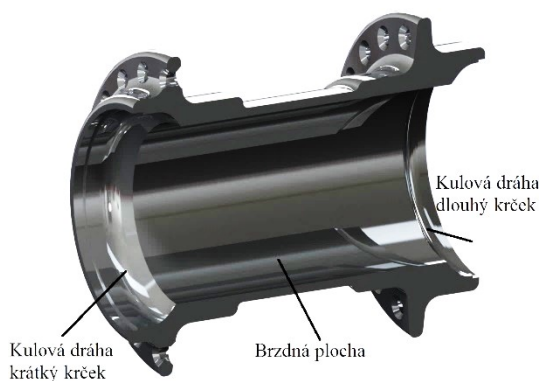
Obecně tedy volnoběžná spojka umožňuje samočinné spojení a rozpojení hnací a hnané části bez použití zvláštního ovládacího ústrojí, ale pouze změnou relativní rychlosti mezi hnací a hnanou částí volnoběžného náboje. [15]



Obrázek 2.1 – Řez zadním volnoběžným nábojem s protiřlapací brzdou

2.1 Plášť náboje kola

Součástka, která byla navržena, je důležitým členem celé sestavy volnoběžného náboje. Tři nejdůležitější plochy pro správný chod výrobku jsou zaznačeny na obrázku č. 2.2. Návrh nového technologického postupu se musí zaměřit na přesnost výroby a důkladnou kontrolu mezi operacemi. Kulové dráhy ze strany dlouhého a krátkého krčku je nezbytně nutné mít v osové souměrnosti s brzdou plochou. Při nesplnění této podmínky může dojít k nesprávné funkci, jako například: špatné brzdění, hlučný chod a následné opotřebení součástí v náboji. Volnoběžný náboj by také nesplňoval účinnost brzdy dle normy ČSN EN ISO/IEC 17067:2014, schéma 1 a.



Obrázek 2.2 – Řez navrženého náboje kola

2.2 Materiál navržené součástky

Navrženým materiálem pro výrobu náboje kola je cementační nelegovaná ocel ČSN 12 024. Ocel k cementování má nízký obsah uhlíku, který nepřesáhne 0,2 %. Po kalení materiálu zůstává jádro při velké pevnosti v tahu houževnaté, to je hlavní a důležitou vlastností této součástky. Nasycením povrchu materiálu uhlíkem dosáhneme vysoké tvrdosti a hloubky až 0,8 mm. Tvrdost cementační vrstvy po zakalení a následném popouštění je 61 - 2 HRC. V tabulce č. 1 je popsáno chemické složení materiálu ze kterého je vyráběn náboj kola. [13]

Tabulka 1 – Chemické složení oceli 12 024 [hm. %] ¹

ČSN	C	Si max	Mn	P max	S max	Cr max	Mo max	Ni max	Cr+Mo+Ni
12 024	0,17–0,24	0,40	0,4 – 0,7	0,035	0,035	0,40	0,10	0,40	0,63

Tabulka č. 2 znázorňuje mechanické vlastnosti materiálu. Mez pevnosti v tahu je 480 MPa a mez kluzu v tahu 290 MPa. Ocel se díky své pevnosti v jádře používá zejména na méně namáhaná ozubená kola, řetězová kola, hřídele, vodítka a pouzdra. [13]

Tabulka 2 – Mechanické vlastnosti oceli 12 024 ¹

Re min	Rm	A min	Z min	KV min
290 MPa	480 MPa	22 %	50 %	50 J

Obrobitelnost materiálu pro operace, které jsem navrhnul je optimální. Z tabulky č. 1 lze rozpoznat, že materiál obsahuje 0,035 [hm. %] síry a fosforu podporující správnou lámavost třísky při obrábění. [2]

2.3 Detailní rozbor nově navrženého náboje

V první řadě je detailně popsán rozdíl mezi současně vyráběným a nově navrženým nábojem kola. Důležitým hlediskem je analýza přídavek na obrábění, která je zobrazena na 3 D modelech, které jsem vypracoval v programu Solidworks Premium 2016.

V metrologickém rozboru jsem se zaměřil na nepřesnosti, které vznikají při upínání polotovaru do obráběcích strojů zavedených v technologickém postupu původního tvaru náboje. Nepřesnosti vzniklé při prvotním navrženém upínání výkovku na vrtací stroj jsou podrobně vysvětlené v kapitole 3.2.2.3.

2.3.1 Porovnání výkovků pro obrábění

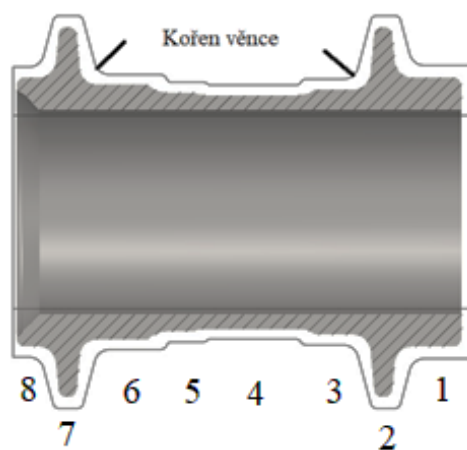
Důležitým hlediskem je hmotnost výkovku náboje. Z tabulky č. 3 lze vidět, že rozdíl hmotnosti je 0,049 kg mezi původním a novým výkovkem. Hmotnosti polotovarů jsou změřeny vážením. Odchylka je $\pm 0,002$ kg. V bakalářské práci jsem zjistil, že po povrchové úpravě tryskání se hmotnost výkovků sníží o 0,005 kg. Tuto hmotnost tvoří okuje vytvořené při operaci kování. V malé míře jsou na povrchu výkovků také nečistoty (olej, grafit, prach).

Tabulka 3 – Fyzikální vlastnosti polotovarů

Tvar náboje	Materiál ČSN	Hustota [kg.m ⁻³]	Hmotnost [kg]	Hmotnost po PÚ [kg]
Původní	12 024	7,85	0,604	0,599
Nový	12 024	7,85	0,555	0,55

2.3.2 Přídavky na obrábění

Přídavky na obrábění na nově navrženém tvaru výkovku jsou podstatně nižší než na původním tvaru náboje (viz. tabulka 4 a 5). Na obrázku č. 2.3 lze vidět tvar původního náboje, kde jsou poměrně velké přídavky na obrábění v oblasti kořene věnců a na čele dlouhého krčku. Výkres nového tvaru výkovku náboje je zaznamenán v příloze A. Při obrábění věnců se za důsledku velkého odběru třísky tvoří svazky třísek, které se namotávají na suport stroje a deformují povrch obrobku.

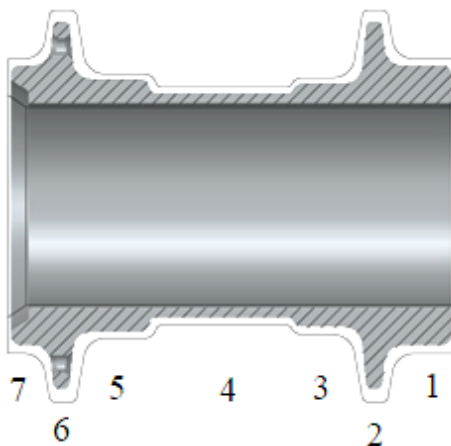


Obrázek 2.3 – Přidavky na obrábění původní tvar

Tabulka 4 – Analýza vnějších přidavek na obrábění: původní tvar

Oblast [průměr]	1	2	3	4	5	6	7	8
Výkovek [mm]	48,5	65	44	42	43	45,5	68	48
Obrobek [mm]	44,5	61	40,5	38,5	39,5	42	61	44,5
Rozdíl [mm]	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	7	3,5

Na obrázku č. 2.4 jsem znázornil přidavky na obrábění na novém tvaru náboje. Je zde vidět, že přídavek v oblasti věnců se výrazně snížil. Přídavek na obrábění otvoru náboje byl zachován. Největší přídavek je na průměru obou věnců. Výkres nového tvaru náboje je zaznamenán v příloze B. Většina oprav obrobků je způsobena nedotečenými věnci při kování. Ty lze rozpoznat až po operaci soustružení, kdy se nevysoustruží celý tvar věnce. Tyto kusy jsou navařovány a opakovaně soustruženy.

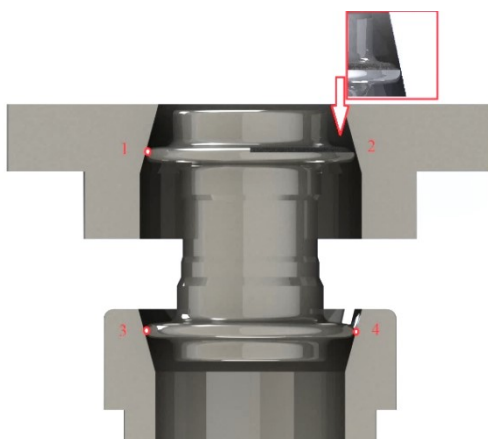


Obrázek 2.4 – Přidavky na obrábění nový tvar

Tabulka 5 – Analýza vnějších přídavků na obrábění: nový tvar

Oblast [průměr]	1	2	3	4	5	6	7
Výkovek [mm]	48,9	65	43	38,7	43	65	48,9
Obrobek [mm]	46,5	61	42	37,2	42	61	46,5
Rozdíl [mm]	2,4	4	1	1,5	1	4	2,4

Největší riziko neobrobených věnců vzniká při operaci vrtání otvoru. Zde se dle zavedeného postupu ve firmě upíná za věnce náboje. V technologickém postupu původního tvaru se nejprve soustruží tvar náboje a poté vrtá otvor. Při neobrobeném tvaru věnců se mohou vyskytnout potíže s přesností upnutí. Na obrázku č. 2.5 je znázorněno upnutí hrubovaného náboje do kornoutů vyvrtávacího stroje. Obrobek není v ose s vrtací tyčí z důvodu nedodržení kruhovitosti věnců. Jsou zde zaznačeny čtyři body. Body č. 1, 3 a 4 jsou doteky obrobku s upínacími kornouty. V bodě č. 2 je vyobrazen nestabilní dotek, který tvoří 180° věnce.

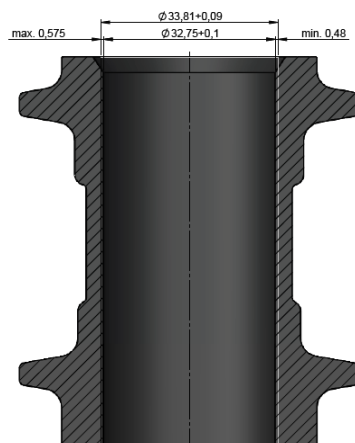


Obrázek 2.5 – Upnutí špatně soustruženého kusu

Snížení přídavků na obrábění nelze použít z důvodů používaných technologických postupů ve firmě. V experimentální části č. 1 jsem se zaměřil na přesnost obrábění výkovku. V novém technologickém postupu jsem navrhl výrobu, tak abych nejprve vyvrtal otvor výkovku a poté obrobil náboj na jednu operaci soustružení.

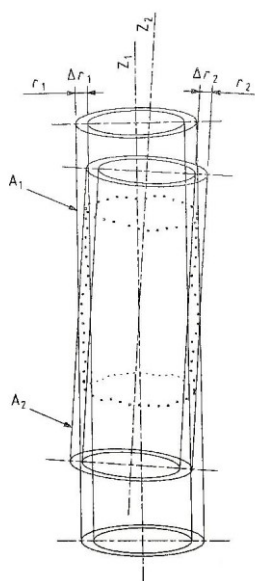
Nesouměrnost lze vyřešit dvěma způsoby. První varianta je ponechání větších přídavků, které vyrovnají nepřesnost při obrábění a dojde k celistvému obrobení výkovku, nebo efektivnějšímu upnutí součástky za ponechání větších přídavků pouze v otvoru. Objem přídavků na obrábění v otvoru je výrazně nižší než na povrchu náboje. Osovou nesouměrnost

do 0,4 mm lze srovnat v první operaci vyvrtáváním. Zde je hloubka záběru a_p 0,5 mm. Na obrázku č. 2.6 jsem znázornil výkovek s přídavky na obrábění v oblasti otvoru. Při obrábění otvoru zde dojde k maximálnímu odběru třísky 0,575 mm a minimálnímu odběru 0,48 mm. Při obvodovém házení výkovku do 0,4 mm bude otvor po celé ploše obroben. Při vyšší tvarové nesouměrnosti (závisí na vykovaném průměru otvoru) může dojít k nedokonalému obrobení součástky.



Obrázek 2.6 – Příklad na obrábění v oblasti otvoru: nový tvar

Poloha os válcovitých tvarů (otvor a tělo náboje) a velikosti poloměrů se určuje tak, aby radiální vzdálenost mezi oběma geometrickými tvary byla co nejmenší. Správná poloha obou osových válcových ploch je zobrazená na obrázku č. 2.7 a označená symbolem A_2 . Minimální radiální vzdálenost je označená Δr_2 . [11, s. 332]



Obrázek 2.7 – Odchylka válcových ploch ¹¹


3. Návrh řešení dané problematiky

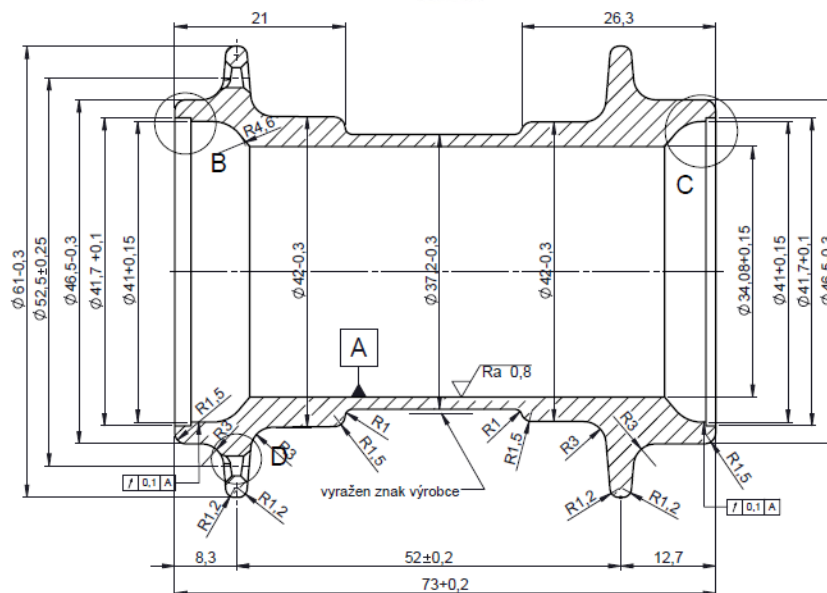
V první části jsem navrhl technologický postup nově navrženého tvaru náboje kola. Navržený technologický postup obsahuje operace: kování, povrchové úpravy, soustružení, vrtání, tepelné zpracování, broušení a průběžné kontroly tomu nutné. Jednotlivé operace včetně strojů, na nichž se provádí výroba součástky jsem detailně popsal v kapitole 3.2. Popsal jsem zde také použité nástroje, jejich doporučené a navržené řezné rychlosti. V experimentálních částech jsem se zabýval zvýšením životností nástrojů u vybraných operací. V kapitole 3.2.2.3 jsem se zabýval detailním rozбором upínání výkovku do vyvrtávacího stroje. Navrhnul jsem více variant upnutí a vybral nejvhodnější variantu, která zahájí přesnější a efektivnější výrobu.

3.1 Návrh nového technologického postupu

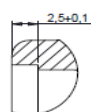
Technologický postup výroby nového tvaru náboje kola jsem navrhl až do finální podoby. Využil jsem stroje a přípravky zavedené ve firmě, aby bylo možné celý postup výroby aplikovat a zavést nový technologický postup výroby náboje bez dalších investic. První operaci v procesu obrábění jsem zvolil vyvrtávání otvoru, jelikož jsem z teoretického rozboru zjistil, že tato varianta je optimálním řešením.

Technologický postup

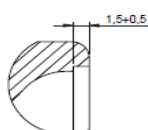
Velosteel Trading, a.s.	Číslo výkresu: 2-10-79	Celkem listů: 6
Vypracoval: Bc. Ondřej Grúz	Materiál: ČSN 12 024	Sestava: volnoběžný náboj
Součást: plášť náboje – nový tvar	Polotovar: $\varnothing 30 \times 6000$	Hmotnost: 266 g
	Výroba: sériová	Označení: součást č. 79



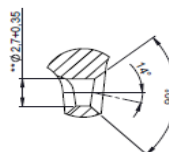
DETAIL B



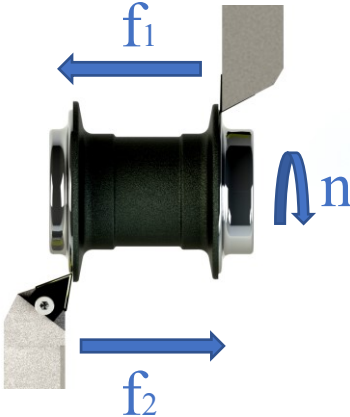
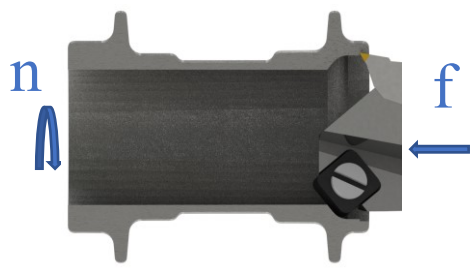
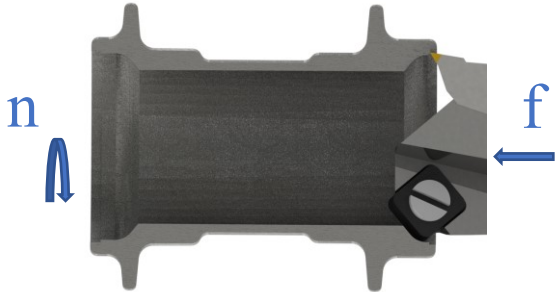
DETAIL C

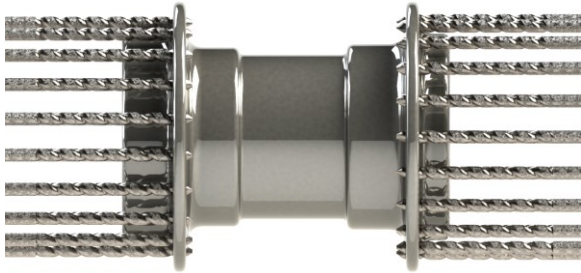

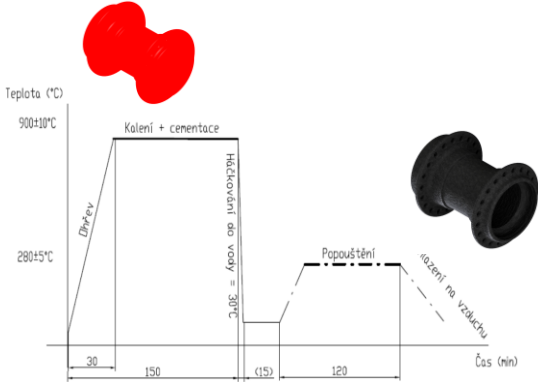


DETAIL D


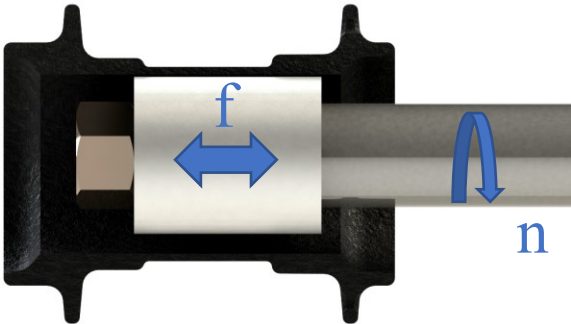



Číslo operace	Pracoviště	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo	Poznámka (v_c , f , a_p)
010	3200	Předkování tyčí 	Kovací lis LHK 500 kovací trn, držák kovacího trnu	$T = 920^{\circ}\text{C}$
020	3200	Kování 	Kovací lis LHK 500 <i>kovací trny:</i> I, II, III operace, <i>zápustky:</i> I, II, III operace, ostříhovací kroužek <i>Měřidlo:</i> mezní válečkový kalibr, měřidlo házivosti povrchu	$T = 920^{\circ}\text{C}$
030	3260	Tryskání 	Tryskací box ocelový granulát 0,5 – 0,63 mm, přepravní koše	$t_s = 300 \text{ s}$
040	3210	Vyvrtání otvoru 	JUS 26 Upínací kornout: horní a spodní, držák řezné destičky SK řezná destička ISCAR IC 635 <i>Měřidlo:</i> Mezní válečkový kalibr $\varnothing 33,81 \pm 0,09$	$n = 1400 \text{ ot. min}^{-1}$ $f = 0,24 \text{ mm. ot}^{-1}$ $v_c = 149 \text{ m. min}^{-1}$ $t_s = 38,4 \text{ s}$

050	3210	<p>Soustružení povrchu</p> 	<p>JUS 28</p> <p>šablona: přední a zadní</p> <p>upínací kámen, doraz, držák SK destičky</p> <p>destička SK TNMG160408-HC</p> <p><i>Obkročná měřidla</i></p>	<p>$n = 1060 \text{ ot.min}^{-1}$</p> <p>$f_{po} = 0,228 \text{ mm.ot}^{-1}$</p> <p>$f_r = 0,101 \text{ mm.ot}^{-1}$</p> <p>$v_c = 203 \text{ m.min}^{-1}$ (pro $\varnothing 61 \text{ mm}$)</p> <p>$t_s = 32 \text{ s}$</p>
060	3210	<p>Soustružení kulové dráhy (dlouhý krček)</p> 	<p>JUS 38 + JUM 3</p> <p>upínač, řezná destička</p> <p>SEEW 120450FN WNMG060404-FF2</p> <p><i>Měřidlo:</i></p> <p>mezí trn, číselníkový úchylkoměr, měřidlo výšky</p>	<p>$n = 1060 \text{ ot.min}^{-1}$</p> <p>$f = 0,383 \text{ mm.ot}^{-1}$</p> <p>$v_c = 135 \text{ m.min}^{-1}$</p> <p>$t_s = 15 \text{ s}$</p>
080	3210	<p>Soustružení kulové dráhy (krátký krček)</p> 	<p>JUS 38 + JUM 3</p> <p>upínač, řezná destička</p> <p>SEEW 120450FN WNMG060404-FF2</p> <p><i>Měřidlo:</i></p> <p>mezí trn, číselníkový úchylkoměr, měřidlo výšky</p>	<p>$n = 1060 \text{ ot.min}^{-1}$</p> <p>$f = 0,383 \text{ mm.ot}^{-1}$</p> <p>$v_c = 135 \text{ m.min}^{-1}$</p> <p>$t_s = 15 \text{ s}$</p>
090	3210	<p>Mezioperační kontrola</p> <p>Po operaci soustružení kulové dráhy se vizuálně třídí neobrobené, opálené, spálené nebo prasklé větve, středy, krčky a čela.</p> <p>Pracovník kontroly vede evidenci o zkontrolovaných a vyřazených kusech. Vyřazené kusy se dále třídí na neopravitelné sady a opravy.</p> <p>Kontrola stanovenými měřidly se provádí po 50 kusech.</p>	<p>Pracovní stůl</p> <p>třímenové kalibry $\varnothing 42-0,3 \text{ mm}$ $\varnothing 44,5-0,3 \text{ mm}$ $\varnothing 40,5-0,3 \text{ mm}$ $\varnothing 44,5-0,3 \text{ mm}$</p> <p><i>Měřidlo:</i></p> <p>měřidlo šířky věnců 2,8 mm dobrá 2,6 mm špatná</p>	

100	3210	<p>Vrtání otvorů věnců</p> 	<p>JUS Upínač, vrtací pouzdro: $\varnothing 2,9$ mm a $\varnothing 3,2$ mm, vrták $\varnothing 2,9$ a $\varnothing 3,2$ mm, vrtací hlavička: 16, 24, 28, 36, 40 <i>Měřidlo:</i> Poloha otvorů, Mezní trny</p>	<p>$n = 2850$ ot. min^{-1} $v_c = 25,9$ m. min^{-1} $f = 0,06$ mm. ot^{-1} $t_s = 16$ s</p>
110	3210	<p>Zahlubování otvorů věnců</p> 	<p>VS 20A vrtací předloha, upínací kleština, naváděcí čep, pouzdro kleštiny, Vrták $\varnothing 5$ ČSN 22 1125 <i>Měřidlo:</i> Mezní trn $\varnothing 2,85 + 0,15$ $\varnothing 3,15 + 0,15$</p>	<p>$n = 725 \text{ ot. min}^{-1}$ $v_c = 11,3$ m. min^{-1} $f = 58$ mm. min^{-1} $t_s = 12$ s</p>
120	3210	<p>Ražení znaku na povrch</p> 	<p>JUS trn pro ražení znaku, šablona znaku Velosteel <i>Měřidlo:</i> číselníkový úchylkoměr</p>	<p>Znak: VELOSTEEL</p>
130	3310	<p>Cementace, kalení</p> 	<p>Pec R.B.Z.M. <i>Pomůcky:</i> zakládací lopata, kalící háček, skluzavka, chladičí lázeň</p>	<p>kontrola cementační hloubky: $0,6 \pm 0,25$ mm optický mikroskop</p>

140	3310	<p>Popouštění</p> 	<p>Pec R.SH.O.M.</p> <p>popouštěcí koš, zvedací zařízení</p>	<p>požadovaná tvrdost</p> <p>61-2 HRC</p>
150	3260	<p>Tryskání</p> 	<p>Tryskač</p> <p>ocelový granulát</p> <p>0,5 – 0,63 mm, přepravní koše</p>	<p>$t_s = 300 \text{ s}$</p>
160	3260	<p>Broušení povrchu náboje</p> 	<p>JUS</p> <p>brusné zrna, brusný kotouč ø500, brusný kotouč ø200, držák, opěrka, orovnávací lišta</p>	<p>$n = 20\,000$ $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>$v_c = 64$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$</p>
170	3260	<p>Mezioperační kontrola</p> <p>Kontrola odebírá broušené kusy z pásu. Vizuálně kontroluje kvalitu výbrusu povrchu náboje – musí být celý broušený.</p> <p>Kontrola:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hrubý výbrus • nevybroušené místa • síla věnců • velikost otvorů • zahloubení otvorů <p>Zde se třídí dle druhu náboje Dle počtu děr: 16, 20, 24, 28, 36, 4 Dle otvoru děr: 2,9 mm a 3,2 mm</p>	<p>Pracovní stůl</p> <p><i>Měřidlo:</i></p> <p>mezí trn ø2,7+0,35,</p> <p>mezí trn ø3+0,35,</p> <p><i>Měřidlo:</i> šablona věnců 2,5 mm</p>	

180	3260	<p>Galvanické pokovení (nikl + chrom)</p> 	<p>Linka GTK</p> <p>výrobní linka, bedny 300×400×200, závěsy</p>	<p>Anodové odmaštění proud. hustota 3 A/dm² Napětí 7 V Chemikálie EKASIT</p> <p>Niklování proud. hustota 3 A/dm² Napětí 8 V Chemikálie NIGAL</p> <p>Chromování proud. hustota 17 A/dm² Napětí 7 V Chemikálie CHROMIGAL</p>
190	3240	<p>Broušení brzdové dráhy</p> 	<p>BDA 80/120</p> <p>brusný kotouček 32×32×13, diamantový orovnávač DIA Ø6/Ø10 ×40 Měřidlo: mezni válečkový kalibr Ø34,15+0,06</p>	<p>n= 19550 ot.min⁻¹ v_c= 32 m.s⁻¹</p>
200	3240	<p>Soustružení kulových drah</p> 	<p>JUS 36 JUM 3</p> <p>těleso upínače, řezná destička keramika Ø9,52 Měřidlo: mezni trn Ø41+0,15, výškové měřidlo, číselníkový úchylkoměr</p>	<p>n = 775 ot.min⁻¹ v_c= 32 m.s⁻¹ m.s⁻¹ f = 0,02 mm.ot⁻¹ t_s= 12 s</p>
210	3240	<p>Konečná kontrola</p> <p>Vizuální kontrola:</p> <ul style="list-style-type: none"> galvanický povrch – loupaný, šedý, žlutý povrch, spálený <p>Kontrola měřidly:</p> <ul style="list-style-type: none"> výška a průměr kulové dráhy průměr brzdové dráhy 	<p>Pracovní stůl</p> <p>Měřidlo:</p> <p>Mezni trn Ø2,7+0,35 Mezni trn Ø3+0,35 Šablona věnců 2,5 Šablona věnců 2,1 Výškové měřidlo 56,65-0,15</p>	

3.2 Charakteristika operací technologického postupu

3.2.1 Kování polotovaru pro soustružení

Výkovek z oceli ČSN 12 024 (C22), sloužící jako polotovar pro obrábění na jednoúčelových strojích, je zhotoven na kovacím lisu Strakonice. Stroj obsluhuje jeden pracovník, který musí plnit normu určující 118 ks/h. Za 7,5 h pracovní doby by měla obsluha stroje vykovat 885 kusů výkovků.

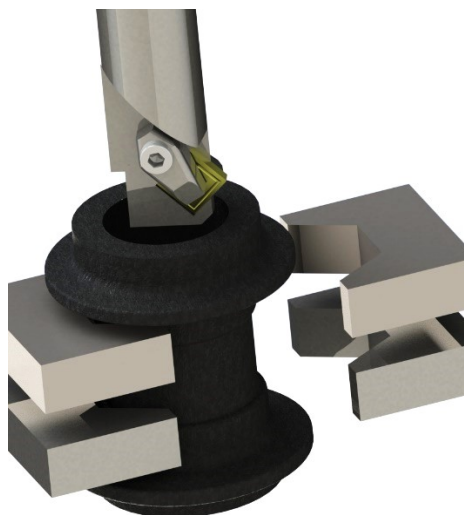
Polotovarem jsou kruhové tyče o průměru 32 mm s maximální délkou tří metrů. Obsluha stroje nahřívá konce tyčí v indukční peci na teplotu 920 °C až 950 °C. Jakmile je tyč ohřátá na požadovanou teplotu, vyjme ji pracovník z pece a provádí samotné kování. Operace je složena ze tří hlavních úkonů (viz. obrázek č. 3.1). Nejprve se ohřátá tyč vsune do první pozice kovacího bloku. Zde je lisem vytvořen zadní věnec náboje. V druhé pozici se vytváří přední věnec společně s předkovaným otvorem. Finálním úkonem je operace tvořící konečný tvar výkovku, společně s odstříhnutím od tyče. [3]



Obrázek 3.1 – Operace I, operace II, operace III

3.2.2 Vytváření otvoru

Výroba otvoru byla navržena na "vrtacím centru" JUS 26. Detailní technické údaje o stroji jsou uvedeny v tabulce č. 6. Z důvodu požadavku na vysokou přesnost otvoru jsem navrhl prizmatický upínací systém, který zaručí osovou souměrnost vyrobeného otvoru. Detailní rozbor upínacího systému je zaznamenán v experimentální části. Upínací systém je znázorněn na obrázku č. 3.2.



Obrázek 3.2 – Upnutí obrobku do prizmat

Na obrázku č. 3.3 lze vidět upínací přípravek stroje se založeným kusem do kornoutu, který je montován na pneumatickém válci stroje. Síla potřebná pro důkladné upnutí obrobku do přípravku byla navržena o velikosti 5 500 N.

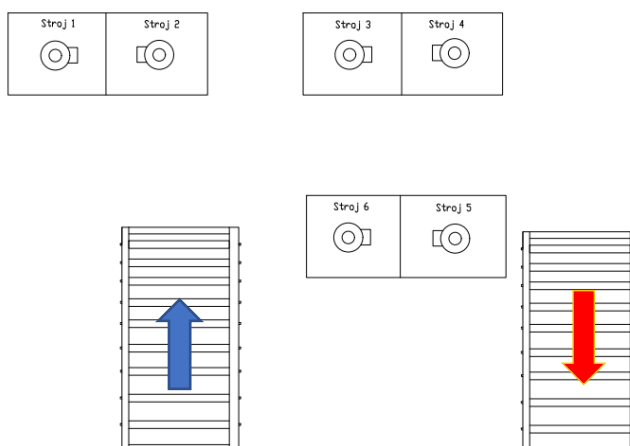


Obrázek 3.3 – Založení obrobku do původního přípravku

Tabulka 6 – Parametry vyvrtávacího stroje JUS 26

Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Napětí	Příkon	Otáčky [ot.min ⁻¹]		Posuv [mm.ot ⁻¹]
					max.	min.	
JUS 26	1991	1600 kg	380 V	10 kW	2800	700	0,41

Pracoviště bylo navrženo tak, aby obsluha šesti strojů měla bezpečný přístup. Mezi pracovišti jsou nainstalované válečkové dopravníky znázorněné na obrázku č. 3.4. Na schématu lze pomocí šipek rozpoznat materiálový tok na pracovišti (modrá – doprava polotovaru na pracoviště, červená – doprava obrobků z pracoviště).



Obrázek 3.4 – Schéma pracoviště

- Měření

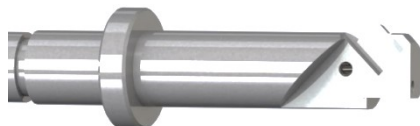
Pro kontrolu otvoru jsem navrhnul mezní válečkový kalibr (viz. obrázek č. 3.5). Rozměr vyvrtané díry je $\varnothing 33,81+0,9$ mm. Obsluha stroje musí kontrolovat vyvrtaný tolerovaný průměr u každého kusu.



Obrázek 3.5 – Mezní válečkový kalibr

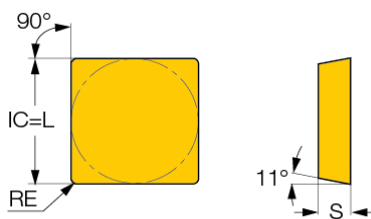
3.2.2.1 Nástroj pro vyvrtávání

Pro hrubovací vyvrtávání výkovku jsem navrhl vyměnitelnou břitovou destičku od firmy ISCAR CZ, s.r.o. Vyvrtávací tyč zobrazená na obrázku č. 3.6 je konstruována firmou Velosteel, kde se také celkově zhotovuje. Navržený produkt maximalizuje přesnost obráběného otvoru díky své pevnosti a tuhosti. Vyvrtávací tyč slouží k uchopení vyměnitelné břitové destičky. Vyvrtávací tyč je jednobřitá s letmým uložením. [14]



Obrázek 3.6 – Vyvrtávací tyč pro břitovou destičku SPMR 120308 IC9350

Pro vyvrtávací operaci jsem navrhl řeznou destičku typu SPMR 120308 IC9313 od firmy ISCAR CZ, s.r.o. Ve firmě se používá pro vyvrtávání břitová destička od firmy PRAMET, s.r.o. v označení SPMR 120308E-48. Na povrch otvoru se kladou vyšší nároky z hlediska drsnosti a přesnosti. V experimentu jsem zkoušel různé řezné rychlosti, porovnával kvalitu povrchu obrobku a výrobní časy. Na obrázku č. 3.7 je detailní popis nástroje, který jsem navrhl pro tuto operaci. Legenda k obrázku je zaznačena v tabulce č. 7.



Obrázek 3.7 – Vyměnitelná břitová destička SPMR 120308 ⁴

Tabulka 7 – Parametry řezné destičky SPMR 120308 ⁴

Označení	L	S	RE	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)
SPMR 120308	12,7	3,18	0,8	0,16	0,40	1,5	6

- Stupeň: IC9350

Je to poměrně tvrdý substrát s koncentrací kobaltu v kombinaci s povlakem MTCVD TiCN a alfa Al_2O_3 CVD (označení tab. 8). Má dobrou odolnost proti opotřebení v nestabilních podmínkách. [4]

Tabulka 8 – Charakteristika povlaku SPMR 120308 ⁴

Typ stupně nebo povlaku	CVD
Povlakové vrstvy	TiCN + alfa Al_2O_3 + TiN

Průměr otvoru výkovku je $32,75 + 0,1 \text{ mm} \Rightarrow$ vyvrtaný otvor $33,81 + 0,09 \text{ mm}$

V tabulce č. 9 jsou zaznamenány řezné podmínky pro VBD SPMR 120308. Použil jsem optimální řezné rychlosti z experimentu č. 1. Doporučená hloubka řezu u této destičky je výrazně vyšší, než požadují. Tento druh VBD jsem zvolil z důvodu dlouhé životnosti, vysoké tepelné odolnosti, delší době řezu a bez aplikace chladicí kapaliny.

Tabulka 9 – Řezné podmínky pro VBD SPMR 120308

	$v_c [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	$f_{ot} [\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}]$	$a_p [\text{mm}]$
Doporučené řezné podmínky	100 až 250	0,16 až 0,4	1,5 - 6
Navržené řezné podmínky	149	0,24	0,57

3.2.2.2 Experiment č.1 – řezná rychlost při vyvrtávání výkovku

Jelikož jsem chtěl docílit lepších vlastností obrobeného povrchu otvoru náboje kola, musel jsem navrhnout optimální řezné podmínky vyvrtávání. Řezné podmínky musí být zvoleny tak, aby se zvýšila životnost nástroje a byla ekonomicky prospěšná pro firmu. U této zkoušky jsem měnil pouze otáčky vřetene stroje. Jelikož se jedná o jednoúčelový stroj není příliš moc možností s regulací řezných parametrů. Pro změnu otáček vřetene stroje je zapotřebí celková výměna motoru, za motor s odlišnými otáčkami. Stroj není vybaven frekvenčním měničem, který by tuto problematiku z části vyřešil. Ve firmě mám k dispozici tři typy 10 kW motorů (700, 1400 a 2800 $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$). Posuv vrtací tyče je nezávisle řízen vačkou s určitým stoupáním. Zkoušky jsem vždy prováděl na dvou pracovištích, abych dostal přesnějšího výsledku experimentu.

- **Parametry zkoušky č. 1 (motor 700 ot.min⁻¹)**

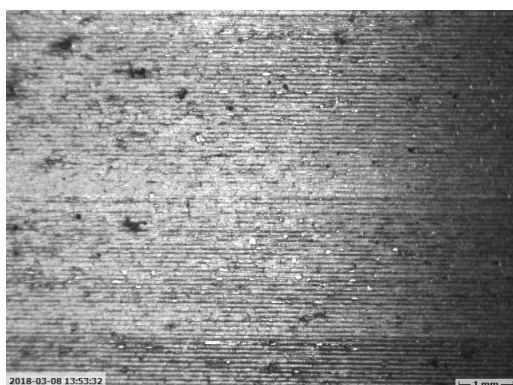
Nástroj – SPMR 120308 IC9313, $v_c = 74,5 \text{ m.min}^{-1}$, $f = 0,41 \text{ mm.ot}^{-1}$, $t_s = 44,3 \text{ s}$

JUS 26 – obrobek, materiál ČSN 12 024, vrtaný otvor $\varnothing 33,9$

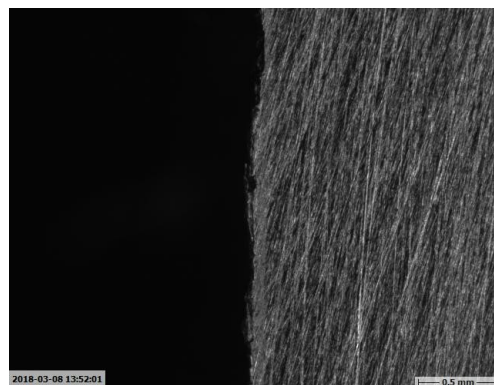
Tabulka 10 – Otáčky vřetena: 700 ot.min⁻¹

Nástroj. č.	Materiál nástroje	Řezná rychlost	Počet vyvrtaných kusů	Opotřebení nástroje
1.	SK	74,5 m.min ⁻¹ (nejnižší)	600 ks	Nárůstky na břitech
2.	SK	74,5 m.min ⁻¹ (nejnižší)	550 ks	Nárůstky na břitech

Na obrázku č. 3.8 jsem zobrazil detail obrobeného otvoru. Vizuálně tento povrch má vysokou drsnost Ra. Při obrábění docházelo ke snížení řezivosti nástroje, která měla za důsledek vytváření nepřesného rozměru. Tento povrch není optimálních vlastností. Počet obrobených kusů na jednu řeznou destičku je přibližně 575 ks. Při vyvrtávání se průměr vyvrtávaných otvorů na 100 ks průměrově snížil o 0,07 mm (viz. graf 1). Kalibr pro kontrolu má toleranci $\varnothing 33,81 + 0,09$. Tuto zkoušku jsem zhodnotil jako vyhovující s nižší kvalitou povrchu.



**Obrázek 3.8 – Zvětšení povrchu otvoru
23× (700 ot/min)**



**Obrázek 3.9 – Zobrazení řezu
náboje v ose – zvětšení 69×**

- **Parametry zkoušky č. 2 (motor 1400 ot.min⁻¹)**

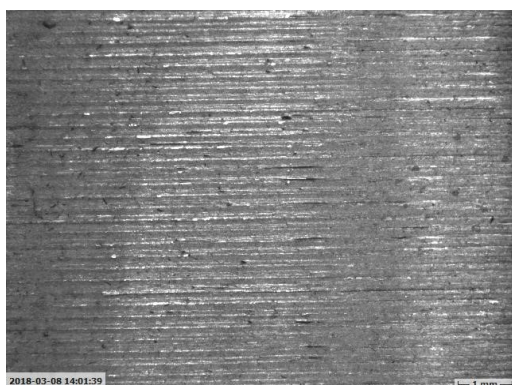
Nástroj – SPMR 120308 IC9313, $v_c = 149 \text{ m.min}^{-1}$, $f = 0,24 \text{ mm.ot}^{-1}$, $t_s = 38,4 \text{ s}$

JUS 26 – obrobek, materiál ČSN 12 024, vrtaný otvor $\varnothing 33,9$

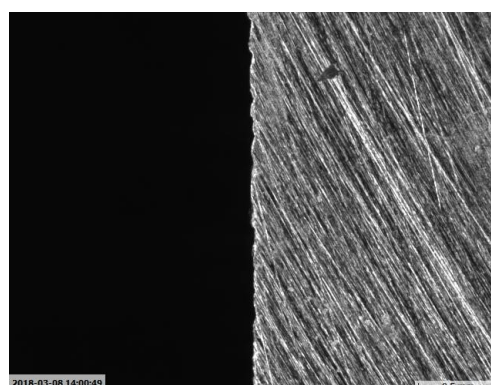
Tabulka 11 – Otáčky vřetena: 1400 ot.min⁻¹

Nástroj. č.	Materiál nástroje	Řezná rychlost	Počet vyvrtaných kusů	Opotřebení nástroje
3.	SK	149 m.min ⁻¹ (střední)	750 ks	Deformace řezné hrany
4.	SK	149 m.min ⁻¹ (střední)	682 ks	Deformace řezné hrany

Na obrázku č. 3.10 je zobrazen detail povrchu otvoru po zkoušce. Povrch materiálu je značně lepší drsnosti než v předešlé zkoušce. Lze vidět, že na snímku povrchu materiálu se nevyskytují žádné deformace povrchu způsobené při vyvrtávání (otáčky vřetena 1400 ot/min). Počet obrobených kusů na jeden nástroj je přibližně 700 ks. Při zkoušce se rozměr vyvrtaných kusů snížil na 100 ks průměrově o 0,05 mm (viz. graf 1). Tuto zkoušku jsem zhodnotil jako vyhovující.



Obrázek 3.10 – Zvětšení povrchu otvoru 23× (1400 ot.min⁻¹)



Obrázek 3.11 – Zobrazení řezu náboje v ose – zvětšení 69×

- Parametry zkoušky č. 3 (motor 2800 ot.min⁻¹)

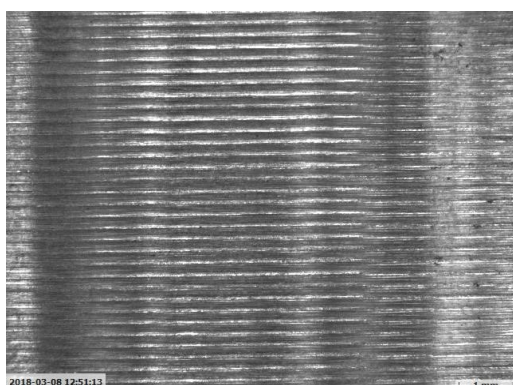
Nástroj – SPMR 120308 IC9313, $v_c = 298 \text{ m.min}^{-1}$, $f = 0,14 \text{ mm.ot}^{-1}$, $t_s = 33,9 \text{ s}$

JUS 26 – obrobek, materiál ČSN 12 024, vrtaný otvor $\varnothing 33,9$

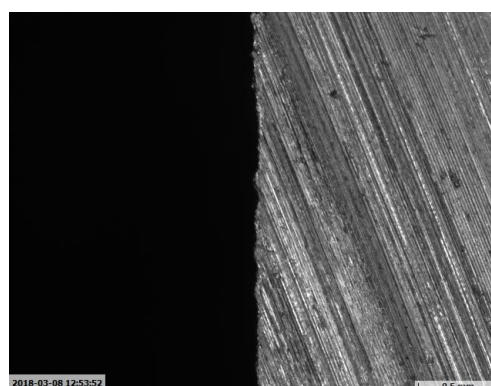
Tabulka 12 – Otáčky vřetena: 2800 ot.min⁻¹

Nástroj. č.	Materiál nástroje	Řezná rychlost	Počet vyvrtaných kusů	Opotřebení nástroje
5.	SK	298 m.min ⁻¹ (střední)	210 ks	Vylomení podél řezné hrany
6.	SK	298 m.min ⁻¹ (střední)	192 ks	Vylomení podél řezné hrany

Výsledný povrch obrobku jsem znázornil na obrázku č. 3.12. Na snímku lze vidět kvalitní povrch materiálu s velmi jemnou drsností povrchu. Břitová destička měla velmi nízkou životnost přibližně 200 ks. Při zkoušce docházelo u VBD destičky k vylamování podél řezné hrany po 50 kusech. Při vyvrtávání se průměr vyvrtávaných otvorů na 50 ks snížil o 0,05 mm (viz. graf 1). Kalibr pro kontrolu má toleranci $\varnothing 33,81 + 0,09$. Tuto zkoušku jsem zhodnotil jako nevyhovující pro tuto operaci.

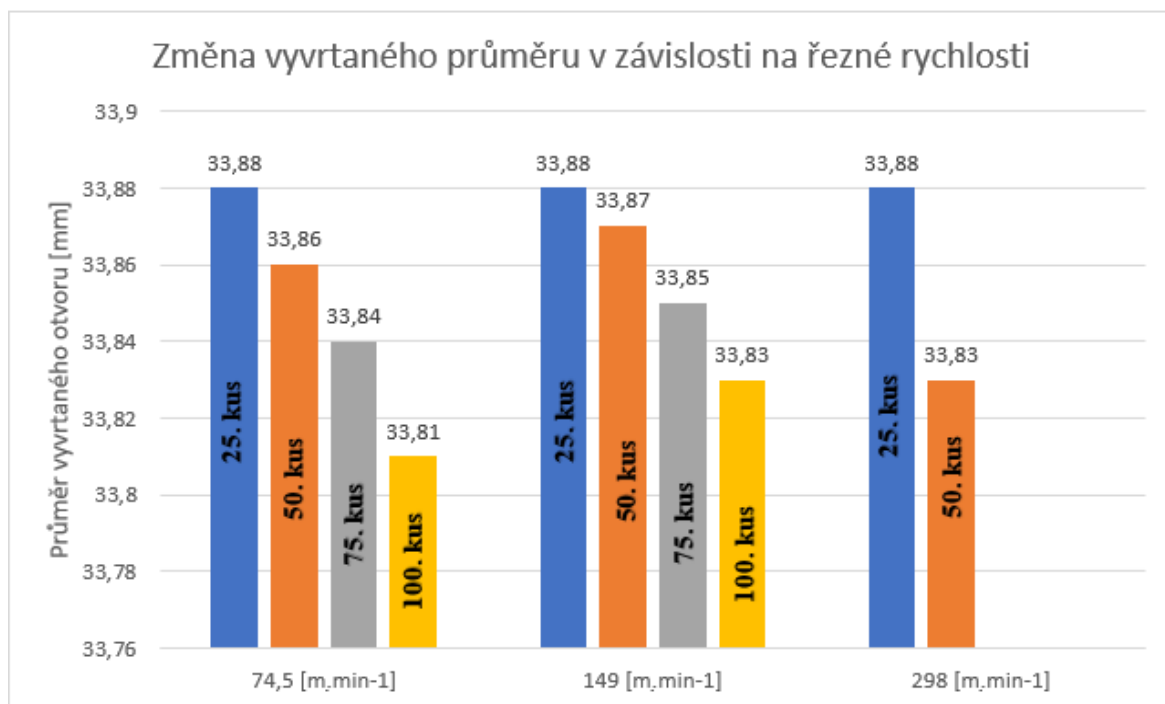


Obrázek 3.12 – Zvětšení povrchu otvoru
23× (2800 ot.min⁻¹)



Obrázek 1.13 – Zobrazení řezu
náboje v ose – zvětšení 69×

Graf 1 – Změna průměrů otvorů v závislosti na řezné rychlosti



Graf č. 1 popisuje závislosti řezných rychlostí na průměru vyvrtaného otvoru. Při opotřebení nástroje dochází ke změně průměrů. U každé zkoušky jsem pozoroval změnu průměrů na prvních 100 obrobených kusech. V grafu je zobrazen každý 25. měřený kus (barevně rozlišeno) jednotlivých zkoušek a zaznamenán jejich průměr v milimetrech. Z grafu lze poznat, že řezná rychlost 149 m.min⁻¹ je vyhovující, jelikož dochází k nejmenšímu rozměrovému rozdílu. Na sto kusech se za příčiny opotřebení řezné destičky otvor zmenšil o 0,05 mm.

3.2.2.3 Návrh optimálního řešení pro upnutí výkovku

Jelikož jsem jako první strojní obráběcí operaci navrhl vyvrtávání výkovků, je nutné se zaměřit na možné varianty kvalitního a efektivního upnutí. Výsledné řešení upnutí výkovku by mělo být časově úsporné a vyšší přesnosti. Přesnost obrobeného kusu je důležitá z důvodu následného upnutí za vyvrtaný otvor do soustruhu. Jakmile získám optimální souměrnost díry a povrchu, snížím počet kusů na opravu, počet neopravitelných obrobků a zvýším produktivitu výroby.

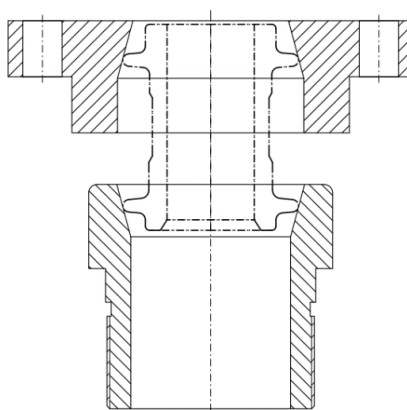
Náboj kola má komplikovaný vnější tvar. Výkovek je zpracován zápusťkovým kovááním, při kterém vzniká v ose výkovku výstupek kopírující dělicí rovinu, který brání přesnému

upnutí. Největší tvarová nepřesnost vzniká v oblasti věnců (kruhovitost). Naopak nejpřesnějších tvarových rozměrů je dosaženo na těle náboje a krčcích. Zde musím brát v úvahu, že při opotřebovávání zápustek dochází ke změně délky náboje $\pm 0,1$ mm, se kterou musím počítat.

Navrhnul jsem více variant efektivního upnutí výkovku, které lze aplikovat na strojní vyvrtávače JUS 26. V prvních případech se jedná o změny tvarů upínacích věnců a jejich detailní rozbor. Dále jsem navrhl upínací systém na jiném principu. Jedná se o upínání za tělo náboje prizmatickým svěrákem. Při navrhování upínacího řešení jsem musel počítat s nepřesností vykovaného polotovaru. Upínací systém by měl zajistit přesnost upnutí i když dojde k menším nepřesnostem na vykovaném polotovaru. Některé části výkovku jsou však přesné a ty je nutno použít na možných variantách upnutí.

- **Varianta upnutí č. 1**

V prvním případě jsem popsal stávající upnutí prováděné na hrubovaném kuse (obr. 3.14). Tento způsob upnutí vytvoří stabilní ustavení obrobku jen v případě, kdy jsou věnce souměrné. Pro zavedení do mého technologického postupu by bylo riskantní použít toto řešení z důvodu nepřesnosti kovaného polotovaru. Podmínka souměrnosti je pro nový výkovek velkým problémem, ačkoliv k nejvyšším nepřesnostem dochází na průměru věnců. Délky věnců v ose x a y jsou rozdílné v rozmezí 0,2 až 0,5 mm.



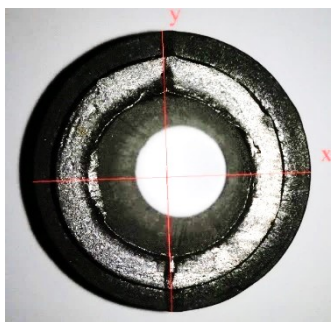
Obrázek 3.14 – Varianta upnutí č. 1 ³

Na obrázku č. 3.15 lze vidět detailní pohled na věnec výkovku ze strany krátkého krčku. Jeho tvar není symetrický. V ose y je menší délka než v ose x. Při upnutí výkovku do přípravku by došlo k nestabilnímu upnutí, které by způsobilo nepřesné vyvrtání otvoru.



Obrázek 3.15 – Deformovaný tvar věnce výkovku

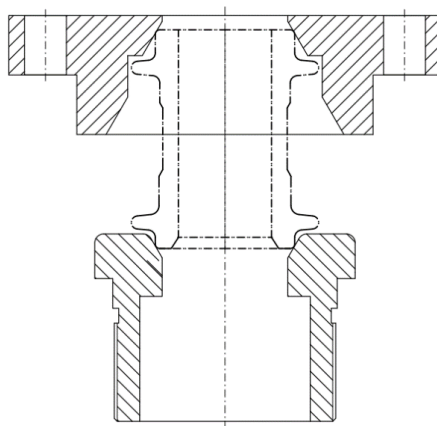
Na obrázku č. 3.16 jsem zobrazil výkovek náboje, kde jsem uvedl dvě míry na sebe kolmé. Rozdíl délky osy x a y se liší maximálně o 0,5 mm.



Obrázek 3.16 – Rozměr věnce v ose x a y

- **Varianta upnutí č. 2**

Variantu č. 2 zobrazenou na obrázku č. 3.17 jsem navrhl tak, abych se vyhnul styku věnce s upínacími kornouty přípravku. Na horním kornoutu je osazení, které slouží jako zábrana doteku věnce s tělem kornoutu. Jestliže by došlo ke špatně vykovanému průměru dlouhého krčku slouží osazení jako opěra. Při opření věnce za bok by nedošlo k nepřesnému upnutí jako bylo v případě prvním (varianta č. 1). Spodní kornout má identický úhel upnutí. Zde může také při menším průměru krčku nebo nedotečené hrany dojít k opření věnce.



Obrázek 3.17 – Varianta upnutí č. 2

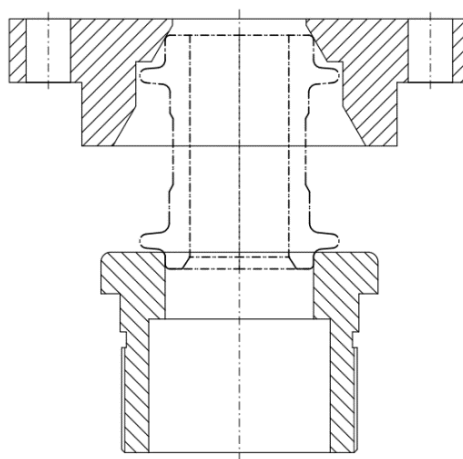
Na obrázku č. 3.18 jsem znázornil krátký krček výkovku, který nemá hranu čela po celém obvodě plně vykovanou. V tomto případě by došlo k opření věnce a kornoutu přípravku v osazení.



Obrázek 3.18 – Profil krátkého krčku výkovku

- **Varianta upnutí č. 3**

Variantu č. 3 vyobrazenou na obrázku č. 3.19 jsem navrhl z důvodů časté nepřesnosti výkovků na krátkém krčku z důvodů opotřebovávání trnu formující jeho tvar. Na dlouhém krčku se tento problém vyskytuje jen v minimálním počtu. Horní část je totožná jako ve variantě č. 2. Spodní kornout má otvor s průměrem větším, než má krček výkovku o rozdílu jednoho milimetru. Rádus výkovků bývá po celém obvodu symetrický. Při dosáhnutí maximální doby životnosti zápustek se mohou objevit vlasečnice na rádiusu způsobené rýhami v zápustce.



Obrázek 3.19 – Varianta upnutí č. 3

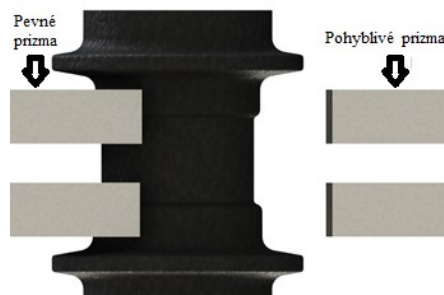
Na obrázku č. 3.20 jsem zaznamenal možnou deformaci rádiusu v oblasti krátkého krčku a porovnání s tolerovaným rádiusem. Je zde vidět výčnělek materiálu v oblasti kořene věnce. Tato nepřesnost by způsobila nesouměrné upnutí výkovku.



Obrázek 3.20 – Rádus v kořeni věnce
(levý profil – správný rádus, pravý profil – špatný rádus)

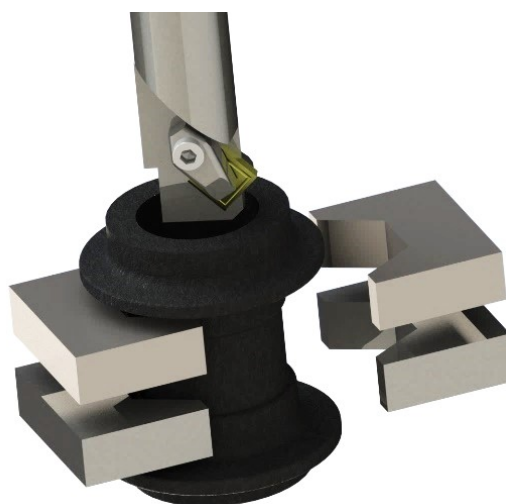
- **Varianta upnutí č. 4**

Variantu č. 4 jsem vyobrazil 3 D modelem na obrázku č. 3.21. Upínacím členem je prizmatický svěrák. Tuto variantu jsem navrhl z důvodu stabilního a přesného upnutí výkovku, což je hlavním požadavkem firmy. Vnější průměry výkovku těla jsou optimálními základnami pro upnutí. Osová nesouměrnost otvoru výkovku vůči průměrům těla je max. 0,4 mm.



Obrázek 3.21 – Upnutí výkovku do prizmat

Při upínání do prizmatického svěráku se musí výkovek zakládat dělicí rovinou směrem k sobě. Tímto zabráním nepřesnému upnutí z důvodu vyosení náboje v prizmatických upínkách. Dalším kritériem jsou průměry, za který je výkovek upnut. Při opotřebovávání kovacíh zápusťek se zvětšují vnější rozměry. V tabulce č. 13 jsem zaznamenal změny vnějších průměrů výkovků v určitém odebíracím intervalu (zkouška proběhla na původním výkovku). Z výsledků měření jsem zjistil, že při odkovaných 40 000 kusů se průměry zvětší max. o 0,3 mm. Zde by bylo nutno zápusťky vyměnit za nové, aby nedošlo k problému při obrábění otvoru. Při upnutí výkovku do prizmat se zvětšeným průměrem by došlo k vyosení otvoru výkovku s osou vyvrtávacího nástroje. Řešením by zde bylo jen štelování pevného prizma pomocí šroubového mechanismu kontrolovaného číselníkovým úchylkoměrem.



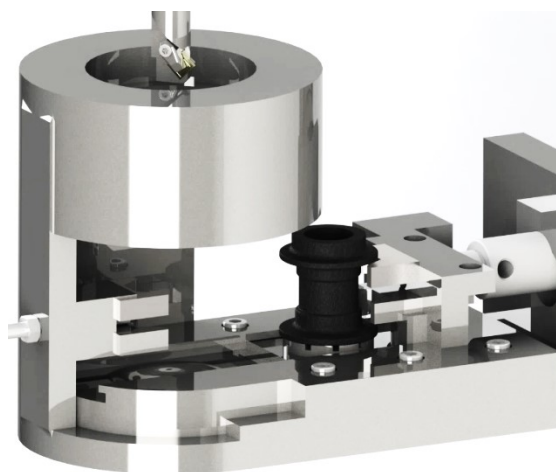
Obrázek 3.22 – Schéma vyvrtávání na JUS 26

Tabulka 13 – Změny vnějších průměrů výkovku závislých při upínání do prizmat

	Průměr [mm]							
Počet vykováných kusů	1	2	3	4	5	6	7	8
10 000	48,48		44,1	42,06	43,08	45,64		48,2
20 000	48,52		44,08	42,21	43,16	45,71		48,23
30 000	48,74		44,27	42,23	43,2	45,68		48,28
40 000	48,76		44,26	42,3	43,27	45,74		48,22
Nominální hodnota [mm]	48,5		44	42	43	45,5		48
Max. odchylka od nominálu [mm]	0,26		0,27	0,3	0,27	0,24		0,28

Označení měřených bodů je znázorněno na obrázku č. 2.3 předešlé kapitoly. Číslo 1 a 2 jsou průměry krčků náboje, číslo 3, 4, 5 a 6 jsou měřené průměry mezi věnci původního tvaru.

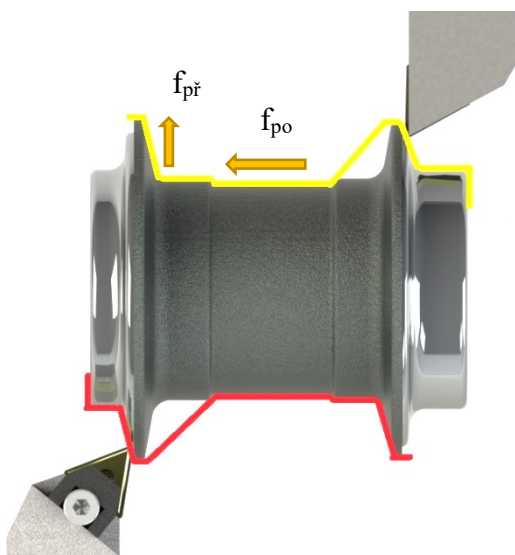
Pro prizmatické upínání jsem navrhl celé konstrukční řešení přípravku. Tento přípravek je možné instalovat do vyvrtávacího stroje JUS 26. Upínací mechanismus přípravku je poháněn pneumatickým válcem. Na obrázku č. 3.23 je zobrazen model přípravku, kde lze vidět založený kus před pohyblivé prizma. Jelikož se jedná o sériovou výrobu, je tento přípravek ideálním řešením. Pro odvod třísek jsem přípravek opatřil otvorem v ose vrtací tyče. Všechny možné nepřesnosti výkovku popsané v předešlých třech variantách upnutí zde nemají žádný vliv.



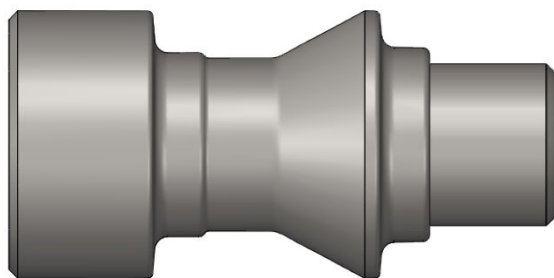
Obrázek 3.23 – Přípravek na vyvrtávání výkovku

3.2.3 Obrábění výkovků na jednoúčelovém kopírovacím soustruhu

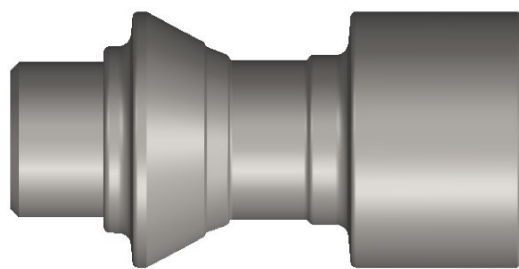
Soustružení povrchu náboje jsem navrhl na kopírovacím soustruhu opatřeným dvěma suporty. Ty jsou řízeny kopírovacími šablonami. Suporty stroje jsou opatřeny nožovými držáky s navrženými vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu. Kopírovací mechanismus stroje je znázorněn na obrázku č. 3.27. Dráhy nástrojů, které jsem navrhl jsou znázorněny na obrázku č. 3.24. V tabulce č. 14 jsou popsány detailní informace o stroji.



Obrázek 3.24 – Dráha nástrojů levého a pravého suportu



Obrázek 3.25 – Šablona levého suportu



Obrázek 3.26 – Šablona pravého suportu



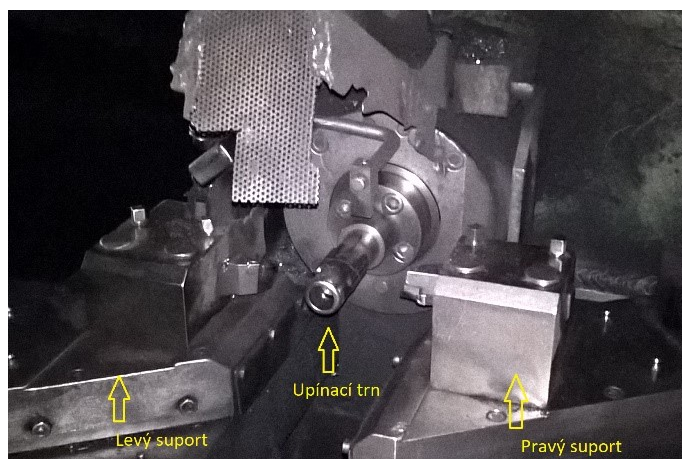
Obrázek 3.27 – Schéma kopírovacího mechanismu

Šablony suportů byly navrženy z nástrojové oceli ČSN 19 436. Jejich tvar je rotační, a to z toho důvodu, aby bylo možné je při nepřesné výrobě „opotřebení“ pootočit zhruba o 20°. Poškození lze určit z obrobeného kusu, který má hluboké rýhy, drsný povrch a rozměry jednotlivých průměrů jsou v různých délkách odlišné. [5]

Kopírovací elementy (viz. obrázek č. 3.25 a 3.26), kterým jsem navrhl tvar jsou uchyceny ve středících hrotech suportu stroje, v příloze C a D jsou výkresy jednotlivých šablon.

Tabulka 14 – Charakteristika soustruhu JUS 28

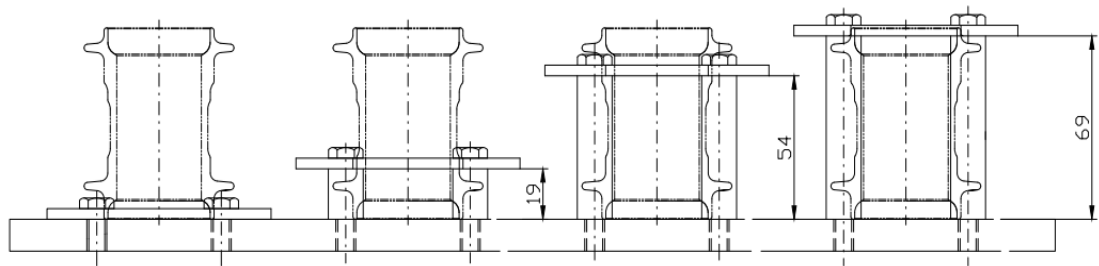
Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Napětí	Příkon	Otáčky [ot.min^{-1}]		Posuv [mm.ot^{-1}]	
					max.	min.	max.	min.
JUS 28	1999	1500 kg	380 V	7 kW	2800	900	0,6	0,1



Obrázek 3.28 – Upínací trn soustruhu

- Měření

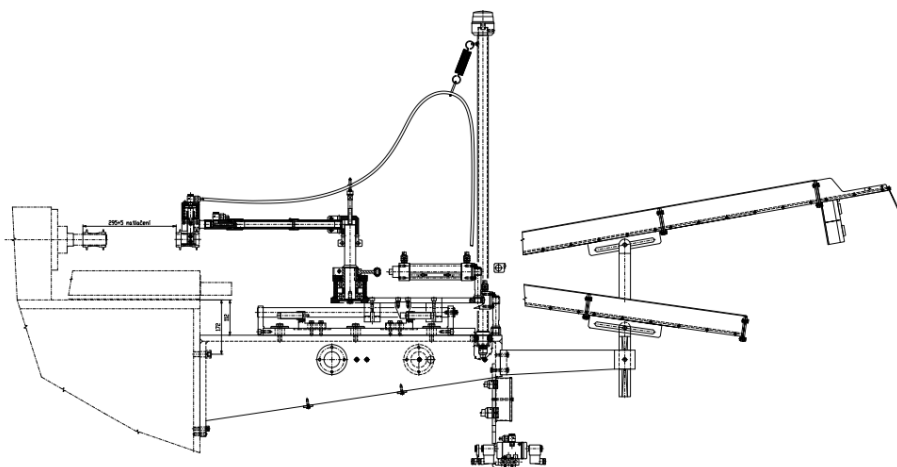
U operace soustružení povrchu byla navržena kontrola vnějších obrobených průměrů mezními třmenovými kalibry. Třmenové kalibry znázorněné na obrázku č. 3.29 jsou umístěny u stroje, aby obsluha nemusela zbytečně odstupovat od pracoviště. Obrobený kus při měření je ve svislé poloze a postupně je kontrolován od spodního průměru (krátký krček) až do nejvýše možného průměru dlouhého krčku. V příloze G je výkres sestavy měřidla pro nový tvar náboje, který jsem navrhl.



Obrázek 3.29 – Mezní třmenové měřidla vnějších průměrů ³

- Manipulátor k soustruhu

K jednoúčelovému kopírovacímu soustruhu JUS 28 bylo navrženo manipulační zařízení (viz. obrázek č. 3.30) zrychlující obsluhu stroje. Z důvodu sériové výroby byl manipulátor navržen tak, aby obsluha pouze kontrolovala rozměry obrobku a plnila zásobníky manipulátoru. Do zásobníku lze založit maximálně dvacet kusů. Čas pro založení polotovaru na upínací trn stroje je 6 sekund.



Obrázek 3.30 – Manipulátor MJ 79 ke kopírovacímu soustruhu ³

3.2.3.1 Nástroj pro soustružení povrchu

Obrábění povrchu náboje bylo navrženo na jednoúčelovém kopírovacím soustruhu JUS 28. Soustruh je opatřen dvěma suporty, na které jsem zvolil nástroje od firmy ISCAR. Soustružnické nože jsem ponechal stejného typu jako současné době používané. V tabulce č. 15 jsou technické parametry nožového držáku typu MTJN 2020 K6. Tvar a popis držáku je znázorněn na obrázku č. 3.31.

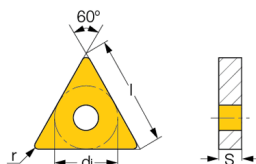
Tabulka 15 – Parametry nožového držáku MTJN 2020 K6 ⁶

h	b	f	l ₂	l ₂ max	λ _s [°]	γ _o [°]	Kg	Strana
20	20	25	125	34	−6	−6	0,45	L + P



Obrázek 3.31 – Držák SK řezné destičky firmy ISCAR ⁶

Při soustružení povrchu výkovku se kladou velké nároky na kvalitu obrobeného povrchu, ale také záleží na dlouhé životnosti nástroje. Zvolil jsem řeznou destičku ze slinutého karbidu firmy ISCAR v označení TNMG 160408-GN (viz. obrázek č. 3.32). Tento nástroj jsem zvolil díky dobré cenové relaci a vysoké odolnosti při hlubokém odběru třísky a_p . V tabulce č. 16 jsou popsány detailní parametry vyměnitelné břitové destičky.



Obrázek 3.32 – Břitová destička SK TNMG 160408-GN ⁴

Tabulka 16 – Detailní parametry SK nástroje ⁴

l	d _i	S	r
16,5	9,52	4,76	0,8

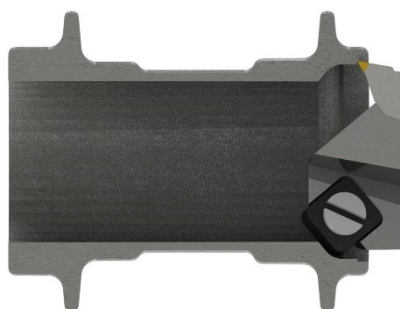
Tabulka 17 – Řezné podmínky pro VBD TNMG 160408-GN ²

	v_c [m.min ⁻¹]	$f_{př}$ a f_{po} [mm.ot ⁻¹]	a_p [mm]
Doporučené řezné podmínky	–	0,1 až 0,39	1 až 3,5
Navržené řezné podmínky	max. 203	0,101 a 0,228	1 až 4

Posuv nástroje v oblasti věnců jsem zpomalil z důvodů nejvyššího přídavku na obrábění. Zde jsou nejvyšší požadavky na přesnost a kvalitu soustruženého povrchu. V přechodu z krčku na věnce je rádius R3,5, kde vzniká největší hloubka třísky 0,25 mm. Řezná rychlost v největším průměru náboje u soustružení věnců vzniká při 1060 ot.min⁻¹ řezná rychlost 203 m.min⁻¹ (viz. tabulka 17). [2]

3.2.4 Soustružení kulové dráhy

Soustružení kulové dráhy bylo navrženo na jednoúčelovém soustruhu JUS 38. Soustruh je opatřen stejnou manipulační jednotkou MJ 79 jako u soustružení těla. Na obrázku č. 3.33, je znázorněný nájezd nástrojů do polotovaru. Nový tvar náboje je opatřen odlehčením, které bylo nutno vytvořit při této operaci. Jelikož bylo možné upnout dva nástroje vedle sebe do jednoho nožového držáku, navrhl jsem tedy tento postup výroby.

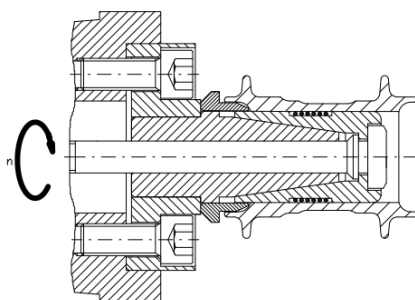


Obrázek 3.33 – Schéma obrábění

Tabulka 18 – Parametry stroje JUS 38

Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Napětí	Příkon	Otáčky [$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$]		Posuv	
					max.	min.	max.	min.
JUS 26	1990	1600 kg	380 V	7 kW	775	1320	0,2	0,01

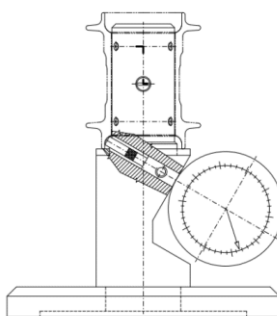
Na obrázku č. 3.34 je znázorněno upnutí obrobku na trn stroje, které bylo navrženo. Jedná se o druhou operaci soustružení kulové dráhy na dlouhém krčku. Součástí upínacího trnu je dorazový kroužek ustavující danou součást na správné místo. Také udává celkovou vzdálenost a hloubku zajetí nože. Upínací mechanismus pracuje na způsobu kuželového mechanického upnutí. Součástí mechanismu je táhlo poháněné pneumatickým tlakem, které vytlačí kužel a roztahuje čelisti upínače. Zpětný vratný pohyb čelisti je způsoben, jak zpětným chodem vzduchového táhla, tak za pomoci pružiny vsunuté na průměru trnu.



Obrázek 3.34 – Upnutí polotovaru na trn stroje²

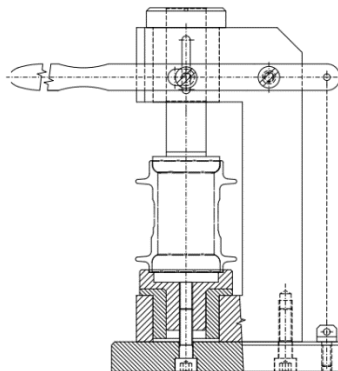
- Měření

Měřidlo na obrázku č. 3.35 bylo použito pro kontrolu souměrnosti kulových drah po soustružení. Maximální osová nesouměrnost nesmí být větší než 0,03 mm. Odchylka se měří pomocí číselníkového úchylkoměru instalovaného na měřidle.



Obrázek 3.35 – Měřidlo osové souměrnosti kulové dráhy

Měřidlo výšky (obrázek č. 3.36) jsme navrhli pro kontrolu výšky kulových drah. Přípravek je ve spodní části opatřen dorazovým kulovým čepem, od kterého se odměřila celková výška. V horní části měřidla je vybroušená horní a spodní mez určující správnou výšku.



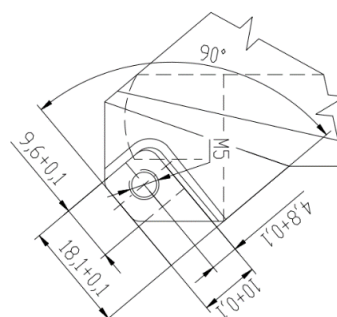
Obrázek 3.36 – Měřidlo výšky kulových drah

3.2.4.1 Použité nástroje

Soustružení kulové dráhy je složeno ze dvou nástrojů, které jsou závislé na sobě. Při staré výrobě byl součástí upínače nůž pro sražení hrany čela. Tento nůž jsem odebral a nahradil soustružnickým nožem pro soustružení vnitřní válcové stěny, který vytvoří odlehčení na obou stranách krčků.

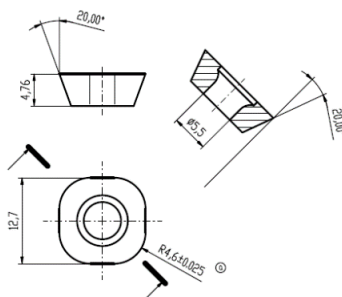
- Nástroj pro soustružení kulové dráhy

Nástroj pro soustružení kulové dráhy jsme navrhli ve firmě. Na obrázku č. 3.37 je detailně znázorněno lůžko navrženého nástroje. Celý tvar nástroje byl navržen tak, aby byla možná interní výroba. Materiál těla nástroje je v označení W327 (Böhler). Důležitým krokem při výrobě je tepelná úprava materiálu, u které musíme dosáhnout tvrdosti 51- 1 HRC. [7]



Obrázek 3.37 – Detail lůžka nože pro JUS 38⁷

Nástroj pro obrábění kulové dráhy je navržen dle požadavků firmy. Tvar řezné destičky ze slinutého karbidu není v katalogu žádného zprostředkovatele. Na obrázku č. 3.38 je vyobrazen detail řezné destičky. Výrobu zajišťuje firma Pramet.



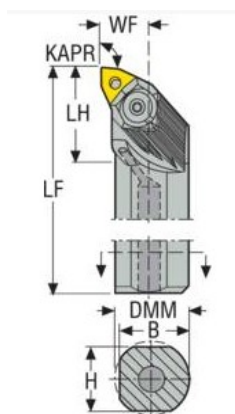
Obrázek 3.38 – Řezná destička SK ⁷

Tabulka 19 – Řezné podmínky pro VBD TNMG 160408-GN

	v_c [m.min ⁻¹]	f_t [mm.ot ⁻¹]	a_p [mm]
Doporučené řezné podmínky	85 až 140	0,2 až 0,4	1 až 3,5
Navržené řezné podmínky	135	0,383	1,5

- Nástroj pro vnitřní soustružení

Pro obrábění odlehčení jsem zvolil držák v označení A20Q-PWLNR06 od firmy SECO (viz obrázek č. 3.39). Parametry držáku nástroje jsou vyhovující pro upnutí do soustružnického stroje JUS 38. V tabulce č. 20 jsou uvedeny detailní informace o držáku a jeho specifické parametry.

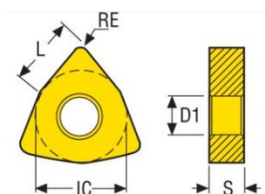


Obrázek 3.39 – Držák nože A20Q-PWLNR06 ⁸

Tabulka 20 – Detailní informace držáku A20Q-PWLN06 ⁸

Označení	Objednací kód produktu	A20Q-PWLN06
DMM	Průměr stopky / otvoru pro trn	20.0 mm
GAMO	Ortogonální úhel čela	-5.0°
H	Výška stopky držáku	18.0 mm
HAND	Směr řezu	Pravý
ICS	Systém upínání destiček	W
KAPR	Úhel nastavení ostří nástroje	95°

Nástroj do držáku jsem zvolil ze slinutého karbidu v označení WNMG060404-FF2 (viz. obrázek 3.40). Řeznou destičku jsem stanovil pro obrábění vnitřní válcové plochy. Jelikož obráběná plocha je hluboká max. 0,5 mm na krátkém krčku a hloubka třísky max. 0,35 mm je tento nástroj optimálním řešením. Při navrhování řezných podmínek se musí počítat se stejnými otáčkami jako pro obrábění kulové dráhy. Řezné podmínky jsou zvoleny z otáček vřetene stroje 1060 ot.min⁻¹. Parametry řezné destičky jsou zaznačeny v tabulce č. 21.



Obrázek 3.40 – Řezná destička WNMG060404-FF2 ⁸

Tabulka 21 – Detailní parametry SK nástroje WNMG060404-FF2 ⁸

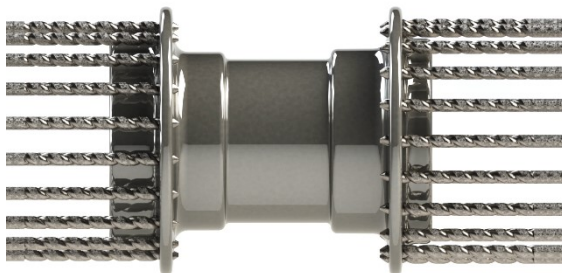
Označení	objednací kód produktu	WNMG060404-FF2
Třída řezného materiálu	třída řezného materiálu	TP2501
IC	průměr vepsané kružnice	9.5 mm
L	teoretická délka břitu	6.5 mm
RE	rohový rádius	0.4 mm
S	tloušťka destičky	4.8 mm

Tabulka 22 – Řezné podmínky pro řeznou destičku

	v_c [m.min ⁻¹]	f_t [mm.ot ⁻¹]	a_p [mm]
Navržené řezné podmínky	138	0,383	0,35

3.2.5 Vrtání otvorů věnců

Vrtání otvorů do věnců náboje bylo navrženo na jednoúčelovém vrtacím automatu. Jelikož se vyrábí více druhů nábojů dle vrtaných děr, jsou stroje vybaveny vrtacími hlavicemi různých druhů. Technické informace o stroji jsou popsány v tabulce č. 23. Proces obrábění je znázorněn na obrázku č. 3.41, kde lze vidět dráhy všech vrtáků.



Obrázek 3.41 – Schéma vrtání otvorů do věnce

Tabulka 23 – Parametry vrtacího automatu

Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Napětí	Příkon	Otáčky [$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$]		Posuv [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	
					max.	min.	max.	min.
JUS	1998	1200 kg	360 V	7 kW	2850	725	0,3	0,04

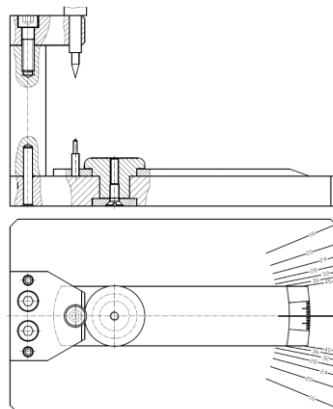
Upnutí polotovaru bylo navrženo, tak aby každý kus byl upnut pomocí věnců a čel náboje. Na obrázku č. 3.42 je znázorněno nahlédnutí do upínacího systému vrtacího stroje.



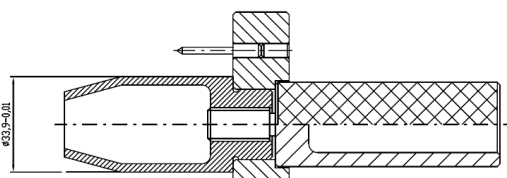
Obrázek 3.42 – Upínač vrtacího stroje

- Měření

Měřidlo pro kontrolu polohy otvorů (obrázek č. 3.43) bylo navrženo na všechny možnosti roztečí, které jsou k dispozici pro výrobu. Na obrázku č. 3.44 je znázorněno měřidlo, které bylo použito při kontrole souměrnosti vyvrtaných otvorů. [7]



Obrázek 3.43 – Měřidlo polohy otvorů ve věnci



Obrázek 3.44 – Měřidlo souososti

3.2.5.1 Použité nástroje

Nástroj pro vrtání otvoru jsem určil z rychlořezné oceli (viz. obrázek č. 3.45). Počet vrtáků s válcovou stopkou je závislý na druhu náboje. Nástroj z HSS je doporučený pro vrtání do nelegovaných i legovaných ocelí do pevnosti $900 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$. Z této kategorie jsem vybral dva průměry nástrojů. V tabulce č. 24 jsou popsány navržené vrtáky ČSN 221121 firmy StimZet. V tabulce č. 25 jsem zaznamenal řezné podmínky pro vrták $\varnothing 2,9$ a $\varnothing 3,2$. [9]



Obrázek 3.45 – Vrták HSS střední řady ČSN 221121⁹

Tabulka 24 – Parametry navržených nástrojů ⁹

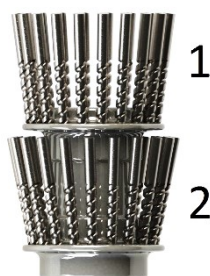
Objednací číslo	Ø D [mm]	L [mm]	l [mm]	Hmotnost [kg/ks]
A210290T000S	2,9	61	33	0,0019
A210320T000S	3,2	65	36	0,0028

Tabulka 25 – Navržené řezné podmínky pro vrták Ø 2,9 a 3,2 HSS ČSN 221121

	v_c [m.min ⁻¹]	f [mm.ot ⁻¹]	n [ot.min ⁻¹]
Vrták Ø 2,9	25,9	0,06	2850
Vrták Ø 3,2	28,7	0,06	2850

3.2.6 Zahloubení otvorů věnců

Zahloubení otvorů bylo provedeno na zahlubovacích automatech VS 20. Technické parametry stroje jsou zaznačeny v tabulce č. 26, kde jsou také zaznamenány otáčky vřeten a jejich vysoké posuvy. Zahlubovací nástroje jsou nakloněny pod úhlem 15° z důvodu montáže špic kola. Na obrázku č. 3.46 je znázorněno schéma zahlubování strany od krátkého krčku. Nejdříve se zahlubují horní otvory (č. 1) a poté spodní otvory (č. 2).

**Obrázek 3. 46 – Schéma zahlubování otvorů věnce**

Na obrázku č. 3.47 lze vidět ustavení vyvrtaného polotovaru na čep přípravku VS 20. Otvory náboje jsou zaneseny ostrinami. Pro kvalitní vystředění součástky musel být každý kus usazen za kraje věnců, tak aby nedošlo k nesouměrnému upnutí skrz ostriny. Stroj je vybaven šesti upínacími trny s kornouty. Aby bylo docíleno zahloubení kusu z obou stran, je nutno po zahloubení z jedné strany vložit náboj na druhý totožný zahlubovací stroj, který

je umístěný v jeho blízkosti krátkým krčkem dolů. Operace je stejná jako při prvním kroku zahlubování.



Obrázek 3.47 – Upnutí polotovaru do upínacího kornoutu

Tabulka 26 – Parametry zahlubovacího stroje VS 20

Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Napětí	Příkon	Otáčky [$\text{ot}.\text{min}^{-1}$]		Posuv [$\text{mm}.\text{min}^{-1}$]	
					max.	min.	max.	min.
VS 20	1998	1900 kg	360 V	7 kW	725	1400	60	1

- Měření

Kontrola vyvrtaných otvorů byla provedena následně až po zahloubení otvorů. Na obrázku č. 3.48 je znázorněn mezní kalibrovací trn. Jeho detailní informace jsou zaznačeny v tabulce pod obrázkem. Pro měření dvou druhů otvorů byly navrženy dva druhy kalibrů: pro průměr $\varnothing 3,2$ a $\varnothing 2,9$. [7]

Vrták	Výrobní kalibry		Výstupní kalibry	
$\varnothing 2,9$	$\varnothing 2,85 \pm 0,15$	dobrá $2,86 \pm 0,005$ znetková $3 - 0,005$	$\varnothing 2,7 \pm 0,35$	dobrá $2,71 \pm 0,005$ znetková $3,05 - 0,005$
$\varnothing 3,2$	$\varnothing 3,15 \pm 0,15$	dobrá $3,16 \pm 0,005$ znetková $3,3 - 0,005$	$\varnothing 3 \pm 0,35$	dobrá $3,01 \pm 0,005$ znetková $3,35 - 0,005$

Obrázek 3.48 – Mezní trn³

3.2.6.1 Použitý nástroj

Zvolil jsem vysoce výkonný vrták z HSS CO pro obrábění cementačních ocelí (viz. obrázek č. 3.49). Jednouúčelový stroj je nutno opatřit dlouhým vrtákem, který musí být

vysoce odolný proti rychlému posuvu do obrobku. Materiál nástroje obsahuje 5 % kobaltu. Parametry zahlučovacího nástroje jsou popsány v tabulce č. 27.



Obrázek 3.49 – Vrták HSS CO PN 2915 ¹⁰

Tabulka 27 – Parametr navrženého nástroje ⁸

Objednací číslo	Ø D [mm]	L [mm]	l [mm]	Hmotnost [kg/ks]
A210290T000S	5	132	87	0,016

Tabulka 28 – Řezné podmínky navrženého nástroje

	v_c [m.min ⁻¹]	f [mm.ot ⁻¹]	n [ot.min ⁻¹]
Navržené řezné podmínky	11,3	58	725

3.2.7 Ražení znaku

Ražení znaku bylo provedeno na tvářecím stroji JUS ZN. Na obrázku č. 3.50 je znázorněno místo, kde byl vyražen název firmy. Pro detailní rozpoznání kusu je navrženo více variant znaků. Na těle náboje by mohlo být vyraženo i datum společně s druhem volnoběžného náboje s číselným kódem (viz. obrázek 3.52).

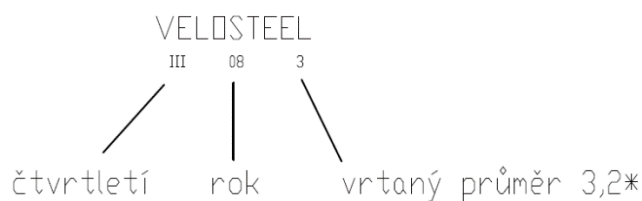


Obrázek 3.50 – Ražení znaku

Kus byl vložen do přípravku stroje pomocí vodícího trnu, který manipuloval se součástí pod beranem stroje. Na obrázku č. 3.51 lze vidět, jakým způsobem byl kus ustaven v přípravku. Upínací přípravek je složen ze dvou středících válců, které vystředily kus do osy pomocí věnců náboje.



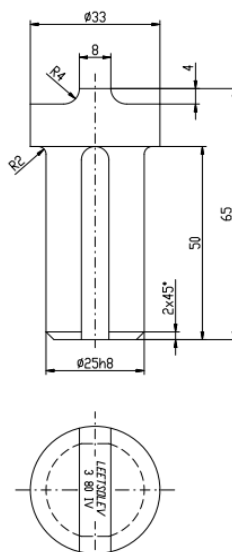
Obrázek 3.51 – Upnutí mezi vodící válce



Obrázek 3.52 – Detailní tvar znaku³

3.2.7.1 Použitý nástroj

Lisovací nástroj pro ražení znaku byl zvolen dle požadavků firmy. Lisovací nástroj je vyroben z nástrojové oceli ČSN 19 614. Tvrdost dosažena kalením a následným popuštěním oceli je 55-2 HRC. Příklad tvaru znaku je detailně popsán na obrázku č. 3.53. [7]



Obrázek 3.53 – Razník pro ražení znaku na náboj⁷

3.2.8 Tepelná úprava materiálu – cementace a kalení

Cementací a následným odkalením kusů do vody byla vytvořena tvrdá cementační vrstva. Pro cementaci v plynu byla použita rotační pec R.B.Z.M. Tvrdá vrstva dosahuje $0,6 \pm 0,25$ mm. Na obrázku č. 3.54 je ukázka kalení kusů do vody.



Obrázek 3.54 – Kalení kusů do vodní lázně

Pro ohřev a následnou cementaci součástí byla použita rotační cementační pec. V kalírně je dohromady 8 cementačních pecí určených k této operaci. Dávka tvořící se ze 130 kusů je rozdělena do tří vkládacích zařízení sloužících pro vkládání do otvoru pece.

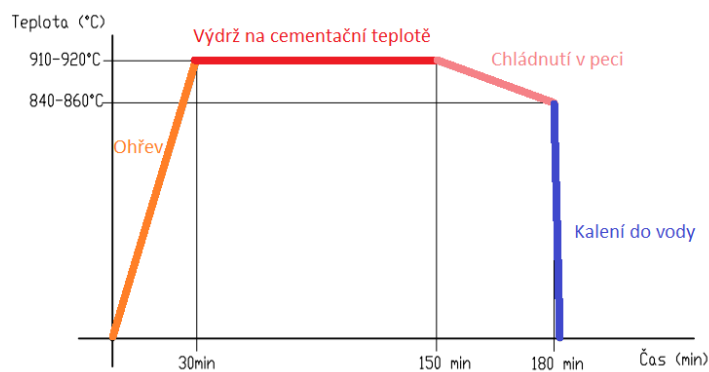
Ohřev na teplotu 920 ± 10 °C je přibližně 30 minut. Při dosažení teploty je zapotřebí, aby dávka měla výdrž na této teplotě 60 minut. Po vypršení jedné hodiny je vypnuto topení pece a nechá se dávka v peci dalších 30 minut vychladnout na kalící teplotu 870 ± 10 °C. Celý tento proces je znázorněn na obrázku č. 3.55. Pro kalení kusů do vody byl použit kalící háček umožňující navléknout na sebe až 8 kusů. [3]

Tabulka 29 – Parametry cementační pece

Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Teplota max.	Plyn
R.B.Z.M.	1998	3500 kg	1100 °C	methan

Kalící médium

- Voda (25 °C)
- Nutná cirkulace chladícího média



Obrázek 3.55 – Schéma cementace a kalení³

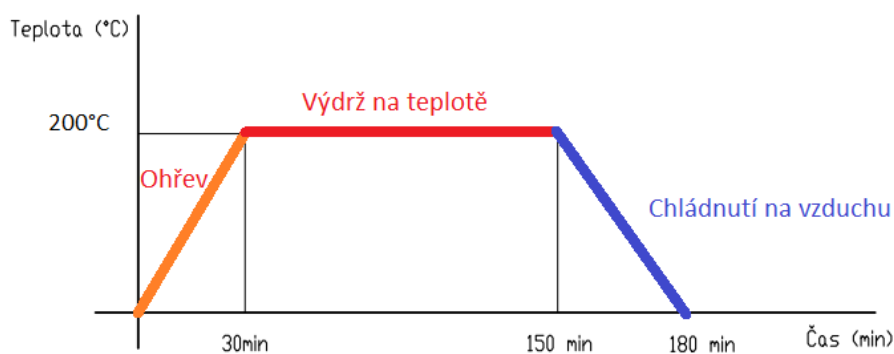
3.2.9 Popouštění

Popouštění je dalším krokem v tepelné úpravě materiálu. Díky tomuto procesu bylo dosaženo požadovaných vlastností materiálu. Parametry popouštěcí pece jsou znázorněny v tabulce č. 30.

Pece jsou na totožné dílně, kde se provádí také proces cementace a kalení. Na obrázku č. 3.56 je znázorněn proces popouštění. Náběh na teplotu 200 °C je přibližně 30 min a výdrž na této teplotě 2 hodiny. Popuštěné kusy se chladí vzduchem o teplotě asi 21 °C. [3]

Tabulka 30 – Parametry popouštěcí pece R.SH.O.M

Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Teplota Max.	Chlazení
R.SH.O.M	2001	650 kg	800 °C	vzduch



Obrázek 3.56 – Schéma popouštění³

- Kontrola cementační vrstvy

Kontrolu hloubky cementační vrstvy jsem detailně provedl a znázornil v metalografické laboratoři. Z dávky jsem odebral náhodný kus sloužící jako vzorek. Kontrolu cementační hloubky jsem prováděl na optickém mikroskopu. Prvním krokem pro přípravu metalografického vzorku bylo rozřezání náboje na kotoučové pile (viz. obrázek 3.57).



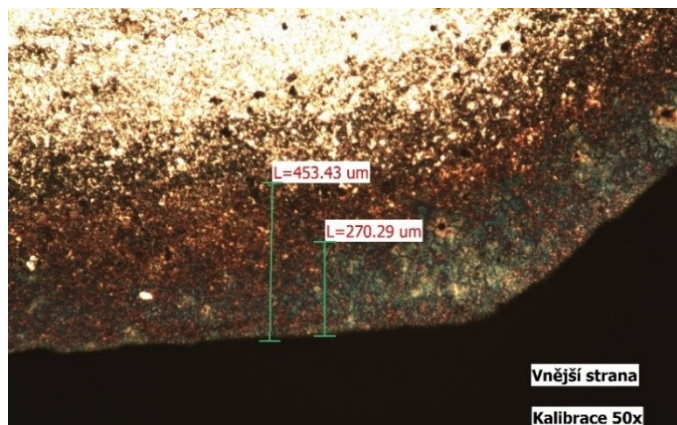
Obrázek 3.57 – Kotoučová pila LAM PLAN

Vzorek připravený z pily jsem vložil do formy pozorovací plochou směrem dolů. Pro vytvoření metalografického vzorku bylo zapotřebí formu zaplnit zalévací hmotou (viz. obrázek 3.58). Vytvrzený vzorek jsem brousil na kotoučové metalografické brusce MetaSerV 250 brusnými kotouči chlazenými vodou. Vybroušený povrch byl dále leštěn kotouči a přípravky k tomu potřebnými.



Obrázek 3.58 – Příprava metalografického vzorku

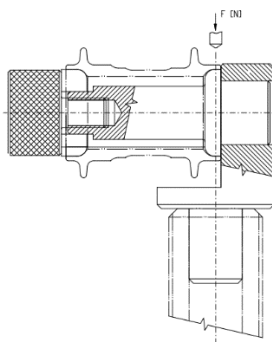
Vyleštěný povrch jsem důkladně vysušil. Aby se zviditelnila struktura materiálu, povrch jsem ponořil do roztoku 3% NITALU. Po naleptání vzorku následovalo pozorování a měření cementační vrstvy náboje kola (viz. obrázek 3.59).



Obrázek 3.59 – Cementační vrstva

- Kontrola tvrdosti 61-2 HRC

Měření tvrdosti bylo navrženo na měřicím přístroji NR 3D. Schéma postupu měření je znázorněno na obrázku č. 3.60. Zatížení hrotu měřicího stroje je 100 kg. [3]



Obrázek 3.60 – Měření tvrdosti Rockwell

3.2.11 Tryskání

Povrch materiálu po tepelné úpravě není optimální. Dosažení lepšího povrchu bylo docíleno za použití mechanické úpravy, kterou jsem navrhl. Před operací broušení povrchu bylo nutné zbavit kus od zbylých okují a nečistot vytvořených při tepelné úpravě. Tryskací stroj DVD 1000A (viz. obrázek č. 3.61) je tvořen dvěma otočnými stoly. Stůl tryskáče má

kruhový půdorys a je tvořen děrovanou deskou. Podlážka stolu byla navržena na 200 ks. Tryskač je vybaven hnacími koly, která tryskají granulát z horní a dolní části boxu.



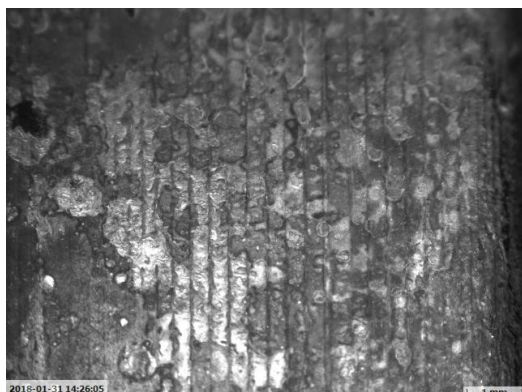
Obrázek 3.61 – Tryskací box Apa Polska Tor DVD 1000A ²

Tabulka č. 31 popisuje základní informace o tryskacím stroji. Čistící směs pro tryskání byla použita v zrnitosti 0,5 mm.

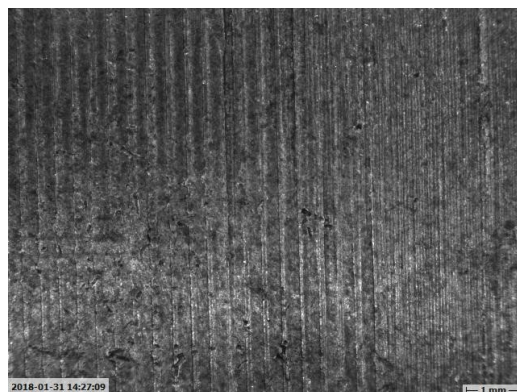
Tabulka 31 – Parametry tryskacího boxu Apa Polska Tor DVD 1000A ¹⁰

Povolené zatížení stolu	1000 kg
Počet otáček pracovního stolu	5,1 ot.min ⁻¹
Účinnost metacích kol	150 kg.min ⁻¹
Množství čistící hmoty	1 500 kg
Zrnitost čistící směsi	0,5 – 2,5 mm
Příkon stroje	24,1 kW
Hmotnost stroje	7 800 kg
Spotřeba stlačeného vzduchu	0,2 m ³ /cyklus
Hloubka základů stroje	1800 mm

Na obrázku č. 3.62 jsem graficky zaznamenal povrch náboje před trykáním. Na těle lze vidět okuje a nečistoty vytvořené při předchozí operaci. Z obrázku č. 3.63 lze hodnotit, že za použití trykacího boxu jsem dosáhl poměrně čistého povrchu. Snímky jsem vytvořil na 3D optickém přístroji WERTEX.



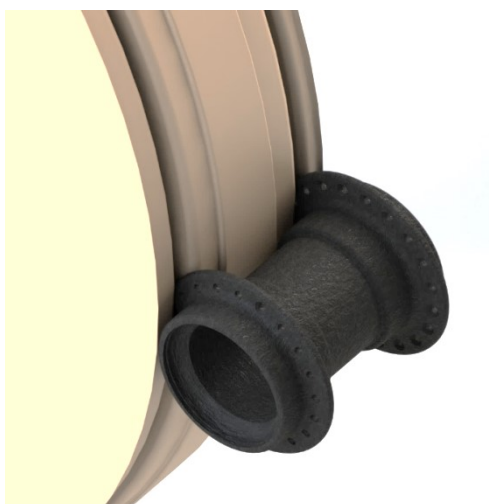
Obrázek 3.62 – Náboj před trykáním



Obrázek 3.63 – Náboj po trykání

3.2.12 Broušení povrchu pláště

Broušení povrchu náboje kola bylo provedeno na kotoučové brusce. Parametry stroje jsou uvedeny v tabulce č. 32. Obrobek je nutno brousit na kulato, jelikož povrch materiálu je nutno dostat do optimální drsnosti pro následnou povrchovou úpravu. Při broušení bylo dosaženo přesných průměrů s drsností povrchu Ra 0,4. Na obrázku č. 3.64 lze vidět schéma broušení povrchu náboje. Přídavek na broušení je 0,15 mm.



Obrázek 3.64 – Broušení povrchu náboje kola

Pro broušení povrchu nového tvaru náboje jsem musel vytvořit tvar kotouče. Textilní kotouče jsou nalepovány na dílně brusírny. Pro vybroušení tvaru náboje do kotouče jsem musel navrhnout etalon náboje, který poté sloužil jako orovnávací nástroj. Tvar etalonu je dán výkresem součásti.

Tabulka 32 – Parametry kotoučové brusky

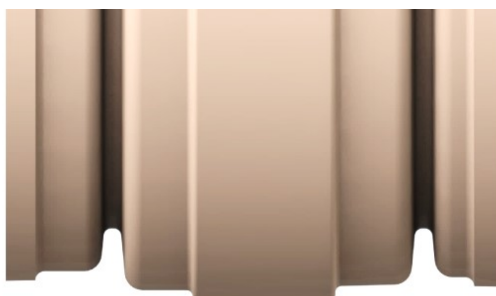
Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Otáčky max.	Max. průměr kotouče	Posuv
					Max/min
Bruska	2001	1000 kg	25 000 ot.min ⁻¹	520 mm	ruční

- Měření

Kontrola broušeného kusu byla provedena vizuálně. Pověřený pracovník prohlíží celé tělo náboje, zda je povrch po celé ploše vybroušen. Na povrchu náboje nesmí být žádné rýhy, odštípnuté hrany a také viditelný hrubý výbrus. Na střední části povrchu pláště se kontroluje vyražený znak firmy z důvodu možného vybroušení tvaru a následnému zamezení viditelnosti.

3.2.12.1 Použitý nástroj

Pro broušení povrchu náboje jsem navrhl nový tvar brusného kotouče. Tvar znázorněný na obrázku č. 3.65 je vypálen do textilního kotouče o průměru 500 mm. Kotouč musí být napuštěn vodním sklem. Poté je nanesen „smirkolep“ štětcem do tvaru kotouče. Po dokonalém natření kotouče je nanесeno brusivo. Životnost nalepené vrstvy je přibližně 200 kusů. [3]



Obrázek 3.65 – Nový tvar brusného kotouče

V tabulce č. 33 a č. 34 jsou detailní informace brusného kotouče. Nový tvar kotouče je zaznamenán na výkrese viz. příloha E. Brusný kotouč by měl vytvořit na povrchu náboje optimální drsnost a snížení rozměrových nepřesností.

Tabulka 33 – Technické informace brusného kotouče ³

Značení brusiva	ø D [mm]	šířka [mm]	Max. počet broušených [ks]
WFA	500	90	200

Tabulka 34 – Jakost navrženého brusného nástroje ³

Druh brusiva	Zrnitost	Tvrdost	Struktura	Pojivo
A96	100	M	6	B

V tabulce č. 35 jsem uvedl doporučené řezné rychlosti při broušení na kulato a navržené řezné rychlosti pro tuto operaci.

Tabulka 35 – Řezné podmínky při broušení na kulato

	v_c [m.s ⁻¹]	f [ruční]	n [ot.min ⁻¹]
Doporučené řezné podmínky	25 až 100	—	—
Navržené řezné podmínky	64	Ruční	20 000

3.2.13 Galvanické pokovení součástí

Pokovení niklem a poté dekorativním chromem bylo navrženo pro ochranu součástí před agresivním prostředím. Dekorativní chrom při nanesení na součástku vytvořil estetický vzhled (viz. obrázek č. 3.66). Dle normy ČSN je typ povlaku značen Fe/Nu 10 b, Cr. Pro nanesení povlaku na kov byla zapotřebí kvalitní chemická a elektrochemická povrchová úprava. Jelikož celý proces probíhá v automatizovaném procesu, čisticí vany jsou zařazené v technologickém uspořádání linky pokovení. V tabulce č. 36 jsou detailně popsány všechny

vany v galvanické lince. U každé vany je uvedena teplota a složení lázně. U van, ve kterých bylo provedeno niklování je zaznamenána i kyselost lázně pH. [3]



Obrázek 3.66 – Galvanické pokovení Ni a Cr

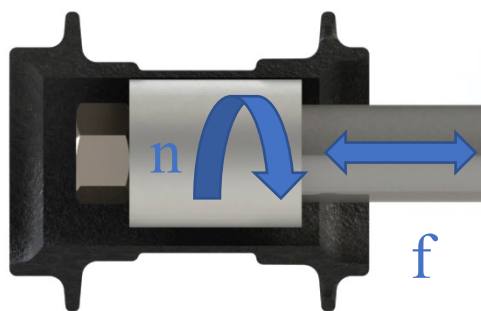
Tabulka 36 – Technologické uspořádání van galvanické linky ³

Pořadí	Název	t [°C]	pH	Lázeň
1	Hrubé odmaštění	70-80		Aktigal FB
2	Dvoustupňový oplach	25		
3	Moření	30		HCl+Inhibit P29
4	Dvoustupňový oplach	25		Užitková voda
5	Galvanické odmaštění č. 1	50-60		Ekasit
6	Galvanické odmaštění č. 2	50-60		Ekasit
7	Dvoustupňový oplach	25		Užitková voda
8	Dekapování	25		HCl 5%
9	Jednostupňový oplach	25		Užitková voda
10	Niklování č. 1	58-62	4 - 4,6	Nigal
11	Niklování č. 2	58-62	4 - 4,6	Nigal
12	Niklování č. 3	58-62	4 - 4,6	Nigal
13	Ekonomický oplach	25		Užitková voda
14	Dvoustupňový oplach	25		Užitková voda
15	Oplach	25		Užitková voda
16	Jednostupňový oplach	25		
17	Jednostupňový oplach	25		
18	Přestřík			Přestřík mlhou
19	Aktivace	25		CrO ₃
20	Chromování č. 1	44-46		Chromigal
21	Chromování č. 2	44-46		Chromigal
22	Ekonomický oplach po Cr	25		
23	Jednostupňový oplach	25		
24	Redukční oplach	25		Disiřičitan sodný
25	Dvoustupňový oplach	60-80		
26	Sušení			

3.2.14 Broušení brzdové dráhy

Vyvrtaný otvor je nutné po tepelné úpravě brousit, a proto bylo navrženo broušení na automatické brusce BDA 80. Automat je opatřen hydraulickým upínacím zařízením. Nevybroušený otvor má průměr $33,81 + 0,9$ mm. Vybroušený otvor má průměr $34,15 + 0,06$ mm. Operace broušení vnitřní díry zaručí osovou souměrnost povrchu vůči díře.

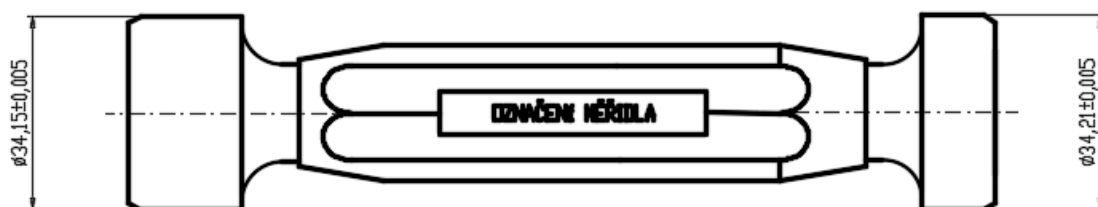
Schéma znázorněné na obrázku č. 3.67 popisuje broušení vnitřní díry náboje. Náboj je v brusce uchycen na trnech kulového tvaru. Nástroj koná rotační pohyb společně s vratným posuvem.



Obrázek 3.67 – Schéma broušení brzdné dráhy

Pro kontrolu broušené díry jsem navrhl mezní válečkový kalibr. Na obrázku č. 3.68 je navržený kalibr detailně popsán. Horní mez určuje pravá část měřidla, která nesmí projít otvorem náboje ani z jedné strany. Opačná strana měřidla určuje spodní mez otvoru, která musí být při vsunutí do otvoru průchozí v celé délce.

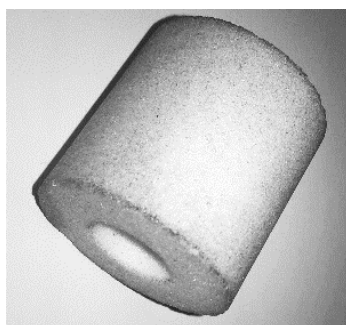
- Měřidlo



Obrázek 3.68 – Mezní válečkový kalibr³

3.2.14.1 Použitý nástroj

Pro broušení na automatické brusce v označení BDA 120 jsem použil navržený brusný kotouček o rozměrech $32 \times 32 \times 13$ mm. V tabulce č. 37 jsou detailní informace o brusném nástroji z bílého umělého korundu s keramickým pojivem (viz. obrázek 3.69). Nástroj odolává velkému počtu brousících aplikací a úběru materiálu: 0,1 až 0,15 mm. [3]



Obrázek 3.69 – Brusný kotouček TYROLIT

Tabulka 37 – Jakost brusného kotoučku pro BDA 120

Specifikace	Zrnitost	Tvrdost	Struktura	Pojivo
90BA 80 L 9 V C40	80 – jemná	L – střední	9 – otevřená	V – keramické

Tabulka 38 – Řezní podmínky pro broušení otvoru

	v_c [m.s ⁻¹]	n [ot.min ⁻¹]
Doporučené řezné podmínky	40	–
Navržené řezné podmínky	32	19 550

3.2.15 Soustružení kulových drah

Pro soustružení důležitých částí náboje bylo použito „soustružnické centrum JUS 36“. Na obrázku č. 3.41 je vidět z vnitřní části náboje vysoustružená kulová dráha na krátkém krčku. Průměry obou kulových drah a výšek jsou závislé na dobré montáži, také hlavně na chodu celé „volnoběžky“. Soustružený rádius je dráhou ložisek umožňující rotační pohyb. Bylo tedy nutné, aby kulová dráha byla po celém průměru soustružena a vytvořena osová souměrnost.

Cementační vrstva zakaleného kusu se pohybuje mezi 0,5 až 0,6 mm (viz. obrázek č. 3.70). Aby byla zaručena pevnost kulových drah (zamezení vytlačení kuliček do materiálu) je dán maximální přírůstek na obrábění 0,15 mm. Při odebrání této třísky se změnila cementační hloubka v kulové dráze na 0,2 až 0,3 mm. Pro soustružení kulových drah byly použity dva druhy soustruhů. Pracoviště je složeno ze šesti strojů. Čtyři stroje jsou opatřeny manipulátory zakládající kusy automaticky a zbylé dva stroje jsou pro ruční obsluhu.



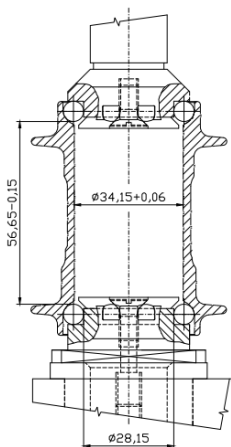
Obrázek 3.70 – Soustružení kulové dráhy náboje

Tabulka 39 – Charakteristika soustruhu JUS 28

Označení stroje	Rok výroby	Hmotnost	Napětí	Příkon	Otáčky		Posuv	
					max.	min.	max.	min.
BDA 80	2001	1500 kg	380 V	7 kW	1320	775	0,2	0,01

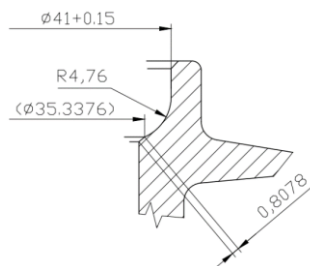
- *Měření*

Pro soustružení krátkého krčku bylo navrženo pracovní měřidlo s pevným čepem, který má tvar dorazu upínače. Prokreslení na obrázku č. 3.71 je provedeno na pevný čep $\varnothing 28,15$ s dotykem přes kuličku $\varnothing 6,35$ mm a výškovou míru 56,65 mm. [3]



Obrázek 3.71 – Měřidlo výšky kulových drah ³

Přesnou kontrolu tvaru kulové dráhy a jejich rozměrů (viz. obrázek č. 3.72) jsem navrhl na 3D měřicím přístroji Wertex. Tuto kontrolu je nutné provádět jen v metrologické laboratoři pověřenou osobou. Kontrolu na 3D přístroji jsem navrhl pro zjištění chyby způsobené při kontrole pracovními měřidly. Vzor protokolu jsem vypracoval v příloze F.

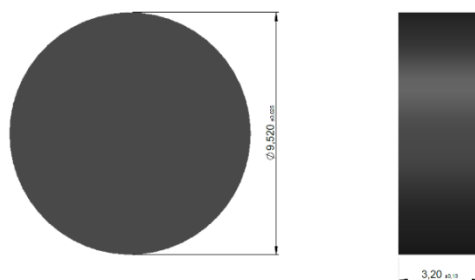


Obrázek 3.72 – Detail soustružené kulové dráhy

3.2.15.1 Použitý nástroj

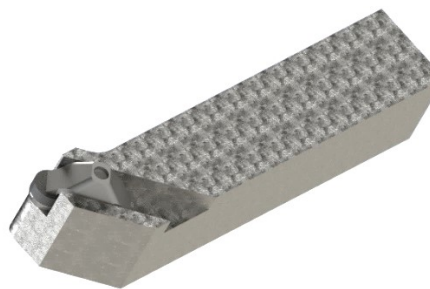
Soustružení kolových drah na stroji JUS 28 byla použita keramická destička. Destička je kruhového tvaru s přesně daným průměrem. [7]

Na obrázku č. 3.73 je vyobrazena břitová destička z keramického materiálu. Vyměnitelná břitová destička má poměrně velkou životnost při optimálních řezných podmínkách. Jakmile dojde k opotřebení řezné hrany nebo vylomení podél řezné hrany musí být destička pootočená o cca. 120° . Lze ji tedy pro soustružení kulové dráhy použít z každé strany maximálně třikrát.



Obrázek 3.73 – Vyměnitelná břitová destička RNGN 090300T (IN22)

Na obrázku č. 3.74 jsem vymodeloval držák břitové destičky, který byl použit pro soustružení kulových drah. Jeho tělo je přizpůsobeno tak, aby nedošlo při obrábění ke kolizi s obrobkem.



Obrázek 3.74 – Sestava nástroje pro JUS 28

Tabulka 40 – Řezné podmínky pro VBD RNGN 090300T (IN22)

	v_c [m.min ⁻¹]	f_t [mm.ot ⁻¹]	a_p [mm]
Doporučené řezné podmínky	100 až 170	max. 0,25	0,15 – 0,3
Navržené řezné podmínky	100	0,024	max. 0,25

3.2.15.2 Experiment č. 2 – zkoušení řezných rychlostí při soustružení

Při soustružení kulové dráhy dochází k obrábění materiálu o tvrdosti 61-2 HRC. Materiál je obráběn keramickým nástrojem v označení RNGN 090300T - IN22. Na stroji je v dnešní době používána řezná rychlost 135 m.min⁻¹. Náklady na jeden obrobený kus jsou 0,37 Kč. Při této řezné rychlosti nástroj obrobí přibližně 750 až 800 kusů. V tabulkách č. 41 a 42 jsou detailně popsány zkoušky, ve kterých jsem použil parametry stroje nižších a vyšších řezných rychlostí oproti zavedených ve firmě. Opotřebení nástroje jsem obecně zapsal do tabulek a zobrazil na obrázcích. Ve zkoušce jsem zjistil, že při použití nižší řezné rychlosti 100 m.min⁻¹ dosáhnu vyššího počtu obrobených kusů.

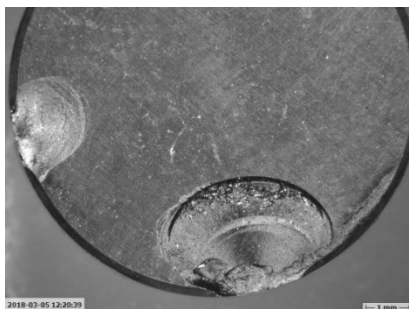
- Výsledek zkoušky (nástroj č. 1 a č. 2)**

Nástroj - RNGN 090300T - IN22, $v_c = 100 \text{ m.min}^{-1}$, $f = 0,024 \text{ mm.ot}^{-1}$

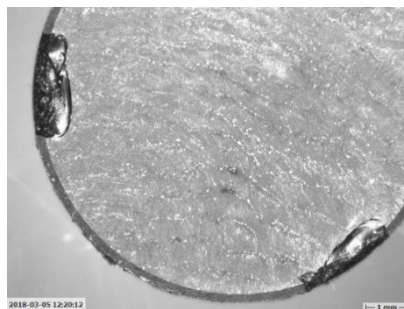
JUS 36 – obrobek, materiál 12 024

Tabulka 41 – Zkouška nízké řezné rychlosti při soustružení kulové dráhy

Nástroj. č.	VBD	Řezná rychlost	Počet obrob. kusů	Opotřebení nástroje
1.	RNGN 090300T – IN22	100 m.min ⁻¹ (nižší)	950 ks	Odštípnutí řezných hran
2.	RNGN 090300T – IN22	100 m.min ⁻¹ (nižší)	1 002 ks	Nárůstky, odštípnutí řezných hran



Obrázek 3.75 – Vylomení řezné hrany



Obrázek 3.76 – Nalepení materiálu podél řezné hrany na čelní ploše

Chování břitových destiček z keramického materiálu jsem zkoušel na jednoúčelovém soustruhu JUS 36. Na obrázku č. 3.75 je zobrazen výsledek prvního nástroje, kde je znázorněné vylomení řezné hrany. Jelikož se jedná o kruhový tvar, bylo možno tento nástroj otočit o 120° na každé straně. Řezná hrana se v jednom místě vylomila do 1/3 průměru. VBD č. 2 obrobila nejvíce kusů. Na obrázku č. 3.76 lze vidět nárůstky podél řezné hrany na čelní ploše břitové destičky. Nárůstek na hraně nástroje byl vytvořen cca. po 166 kusech, poté proběhlo pootočení o 120° a pokračoval jsem ve zkoušení životnosti.

- Výsledek zkoušky (nástroj č. 2 a č. 3)**

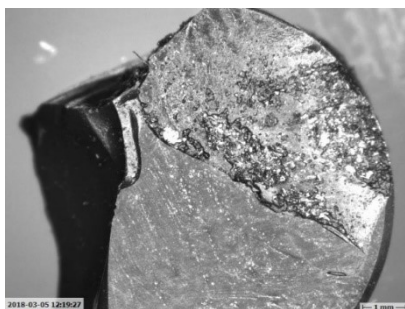
Nástroj - RNGN 090300T - IN22, $v_c = 170 \text{ m.min}^{-1}$, $f = 0,024 \text{ mm.ot}^{-1}$

JUS 36 – obrobek, materiál 12 024

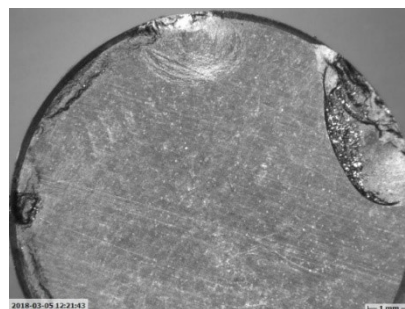
Při zkoušení vyšších řezných rychlostí jsem použil totožný posuv. Na obrázku č. 3.77 znázorňuji celkové rozpadnutí VBD, která obrobila 860 ks. Destička byla pootočena pětkrát, při posledním pootočení se podélně rozlomila. Na obrázku č. 3.78 jsem vyobrazil břitovou destičku, která obrobila 870 ks. Značně se zde vytvářely během procesu nárůstky (cca. po 100 ks) na hraně řezného nástroje a poté se odštípala celá hrana nástroje.

Tabulka 42 – Zkouška vyšší řezné rychlosti při soustružení kulové dráhy

Nástroj. č.	VBD	Řezná rychlost	Počet obrob. kusů	Opotřebení nástroje
3.	<i>RNGN 090300T – IN22</i>	170 m.min ⁻¹ (vyšší)	860 ks	Plátek se celkově rozpadl
4.	<i>RNGN 090300T – IN22</i>	170 m.min ⁻¹ (vyšší)	870 ks	Odštípnutí řezných hran

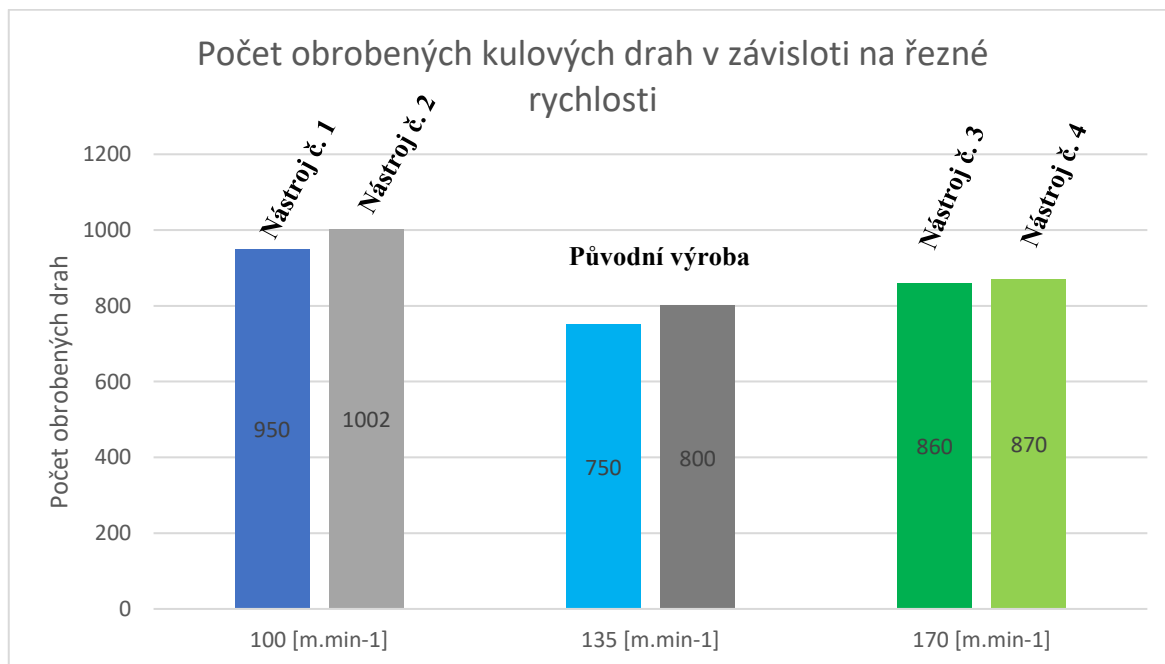


Obrázek 3.77 – Rozlomení břitové destičky na podél



Obrázek 3.78 – Vylomení podél řezné hrany

Graf 2 – Znázornění výsledků z experimentu č. 2



4. Technicko-ekonomické zhodnocení

V technicko-ekonomickém zhodnocení jsem hodnotil výrobní postup náboje v dílčích částech. V první části jsem porovnal normu spotřeby materiálu v původním postupu a nově navrženém postupu výroby. V dalším bodě jsem se zaměřil na velké množství opravitelných a neopravitelných obrobků v původní výrobě a znázornil v grafu. Způsob, jak snížit počet neopravitelných kusů a hlavně také počet opravitelných obrobků na opravu jsem detailně popsal na možných upínacích variantách v kapitole 3.2.2.3 a vybral variantu upnutí do navrženého prizmatického svěráku. Zde jsem vypočetl nutné náklady na výrobu nových upínacích přípravků. Celkové náklady na výrobu šesti upínacích přípravků činí cca. 90 000 Kč. Jelikož jsem v experimentálních zkouškách dosáhnul pozitivních výsledků z hlediska životnosti nástrojů, mohu uspořené náklady použít pro výrobu upínacích přípravků. I přesto, že bych zasáhnul do rozpočtu firmy, navržený výrobní postup by pro firmu byl prospěšný.

4.1 Materiálová kalkulace

Při technicko-ekonomickém hodnocení výrobního postupu jsem hodnotil materiálovou normu spotřeby, kvalitu výroby a úsporu mzdových nákladů. V tabulce č. 43 jsem zaznamenal materiálovou kalkulaci, kde porovnávám původní výrobu náboje od nově navržené. Rozdíl spotřeby materiálu je 4,9 kg/100 ks.

Tabulka 43 – Materiálová kalkulace nového tvaru náboje

Součást	Hrubá hmotnost [kg/100 ks]	Odpad [kg/100 ks]	Čistá hmotnost [kg/100 ks]	Cena spotřeb. materiálu [Kč/kg]	Cena ocelového odpadu [Kč/kg]	Zisk z ocelového odpadu [Kč/100 ks]	Náklady na spotřební materiál [Kč/100 ks]
Původní	60,4	25	35,40	15,50	3,1	77,50	936,2
Nový	55,5	20,3	35,20	15,50	3,1	62,93	860,25

Při roční výrobě tvořící celkem 600 000 kusů výrobků jsem vypočítal konečnou cenovou kalkulaci materiálu původního tvaru náboje na 5 617 200 Kč. Celková roční dávka vyrobených nábojů nově navrženého tvaru bude stejného počtu. Materiálovou kalkulaci

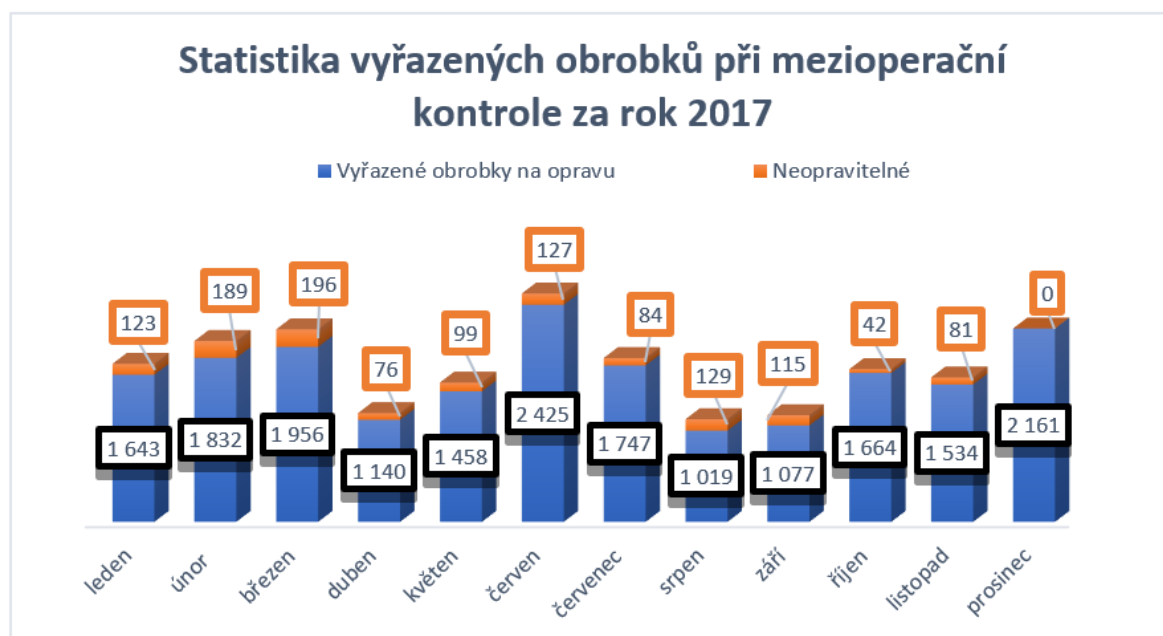
jsem tedy vypočetl na 5 161 500 Kč. Změna tvaru náboje a jeho přídavků přinesla pro firmu ve spotřebním materiálu roční úsporu ve výši 455 700 Kč.

4.2 Kvalita výroby

Z firemních statistik původního výrobního postupu jsem vytvořil graf č. 3 znázorňující počet vyřazených obrobků v jednotlivých měsících roku 2017. Celkový počet obrobených nábojů v roce 2017 byl sečten na 530 318 kusů. Z celkového počtu bylo dohromady 19 656 kusů přesunuto na opravu. Při procentuálním přepočtu se jedná o 3,7 % obrobků na opravu z celkového množství obrobených kusů za rok. Tyto kusy byly opraveny ve svařovně pomocí operace navařování. Kusy, které se nevyplatí ve firmě opravit jsou znázorněny v grafu oranžovou barvou „neopravitelné“. V roce 2017 bylo celkové množství neopravitelných nábojů sečteno na 1261 ks.

Koeficient kvality bych chtěl eliminovat přesnějším upínáním na vyvrtávacím stroj a za použití navrženého sledu operací technologického postupu. Při zkoumání jsem se ujistil, že většina špatných obrobků je vyřazena na základě nepřesnosti upnutí při obrábění.

Graf 3 – Přehled opravitelných a neopravitelných obrobků



4.3 Zhodnocení experimentálních zkoušek

V experimentálních zkouškách, u kterých jsem zkoušel prodloužit životnost nástrojů za pomoci změny řezných podmínek, jsem docílil kladných výsledků.

V první řadě jsem se zaměřil na operaci vyvrtávání, kde jsem zvýšil životnost nástroje cca. o 100 ks navíc obrobených nábojů a zároveň snížil výrobní čas. Za důsledku snížení strojního času jsem dosáhl snížení potřebných normovaných hodin pro vyvrtání 2 500 ks/den. Rozdíl v normovaných hodinách je 0,83 Nh.

Tabulka 44 – Závislost strojního času na úspoře Nh

t_s [s]	vřeteno	6 vřeten	Počet obrobků / směna (7,5 h)	Nh (2500 ks)
44,3	66 ks	396 ks	2 500 ks	6,31
38,4	76 ks	456 ks	2 500 ks	5,48

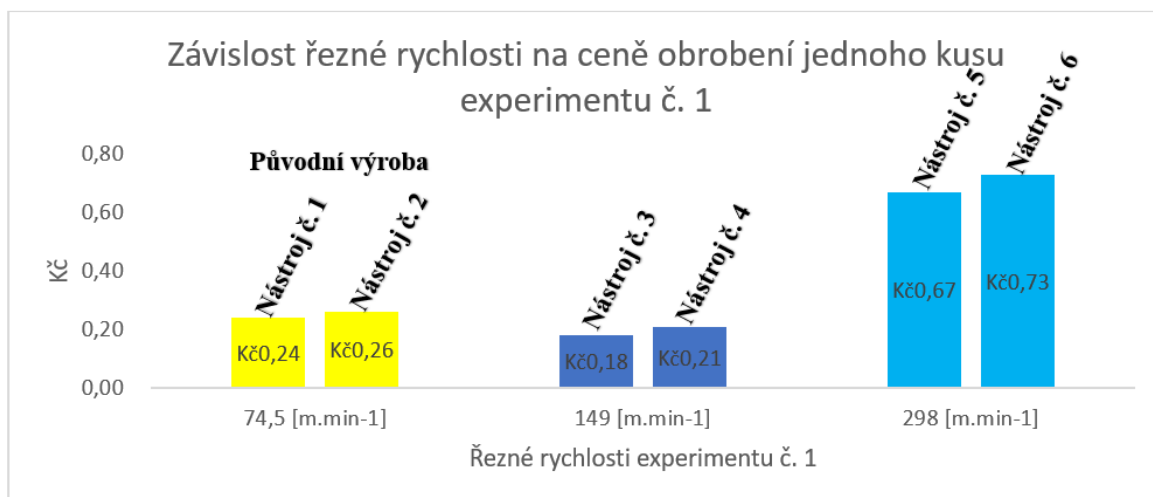
Tabulka 45 – Úspora mzdových nákladů u operace vyvrtávání

Úspora [Nh]	0,83
Úspora za den	79,33 Kč
Roční úspora	19 833 Kč

V tabulce č. 45 jsem vypočetl úsporu normovaného času 0,83 Nh pro určenou sérii obrobků. Denní úspora na mzdě pracovníka potřebného pro operaci vyvrtávání je 79,33 Kč, která za rok stoupne na celkovou finanční úsporu 19 833 Kč.

Následujícím výsledkem zkoušky bylo určit optimální otáčky vřetene stroje za použití tří druhů motorů s různými otáčkami (rozdílné řezné rychlosti). Ze zkoušek jsem zjistil, že jsem nejen zvýšil životnost nástroje, ale také jsem dosáhl kvalitnějšího obrobeného povrchu za použití 10 kW motoru s 1400 ot.min^{-1} . Z tabulky č. 46 jsem určil, že roční úspora při vyvrtávání výkovků za použití motoru s 1400 ot.min^{-1} (149 m.min^{-1}) je 30 000 Kč. Uspořil bych přibližně 213 ks vyměnitelných břitových destiček za rok v označení SPMR 120308 IC9313.

Graf 4 – Ekonomické znázornění experimentu č. 1

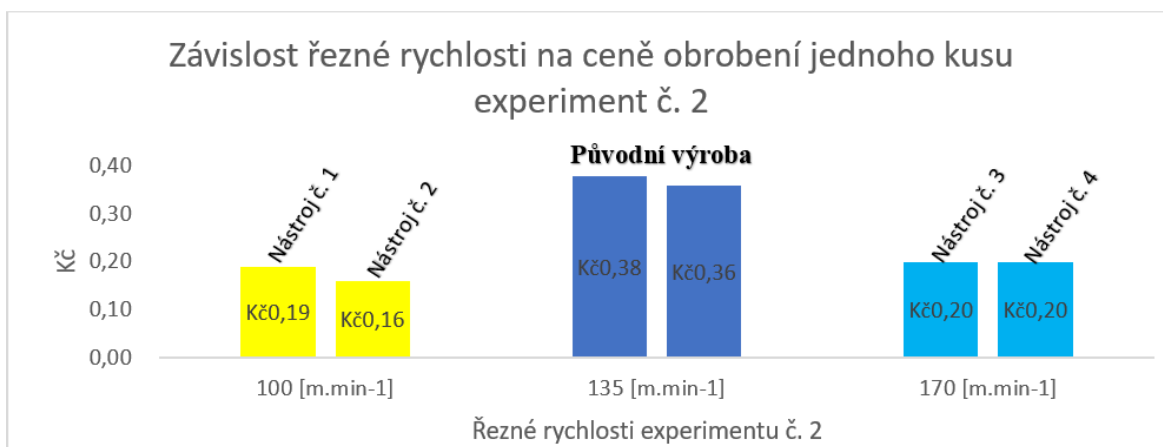


Tabulka 46 – Úspora vyměnitelných břitových destiček u vyvrtávání

Otáčky motoru	700 ot.min ⁻¹	1400 ot.min ⁻¹	2800 ot.min ⁻¹
Počet obrobených kulových drah / stroj	600 000	600 000	600 000
Cena obrobení kulové dráhy max. [Kč]	0,26	0,21	0,73
Cena vyměnitelné břit. destičky [Kč]	141	141	141
Cenová kalkulace za rok [Kč]	156000	126000	438000

V experimentu č. 2 jsem docílil finančně prospěšné zkoušky, při které jsem měnil otáčky vřetene na jednoúčelovém soustruhu. Zkouška proběhla při sériové výrobě původního tvaru náboje. Tyto parametry jsem použil pro navrženou výrobu nového tvaru náboje. Z tabulky č. 40 jsem vypočítal, že při použití řezné rychlosti 100 m.min⁻¹ místo 135 m.min⁻¹ (zavedené ve firmě) dosáhnu roční úspory ve výši 108 000 Kč.

Graf 5 – Ekonomické znázornění experimentu č. 2



Tabulka 47 – Úspora VBD u soustružení cementační vrstvy

Řezná rychlost	100 m.min ⁻¹	135 m.min ⁻¹	170 m.min ⁻¹
Počet obrobených kulových drah / stroj	600 000	600 000	600 000
Cena obrobení kulové dráhy max. [Kč]	0,19	0,38	0,2
Cena vyměnitelné břit. destičky [Kč]	176	176	176
Cenová kalkulace za rok [Kč]	114 000	222 000	123 000

Z experimentálních zkoušek jsem vypočítal celkovou orientační sumu úspory ve výši 138 000 Kč. Z ekonomického i technického hlediska byly zkoušky prospěšné a lze je použít do navrženého technologického postupu výroby náboje.

Součástí experimentální zkoušky u operace vyvrtávání bylo také navrhnout efektivnější upnutí výkovku do vyvrtávacího stroje JUS 26. Z navržených variant jsem vyhodnotil, že neoptimálnějším řešením bude upínání výkovku za vnější tvar těla pomocí prizmatického svěráku. Důvod, proč jsem zvolil toto řešení, byl vysvětlen názorně na fotografiích výkovků náboje. V obrobě jsou dohromady tři vyvrtávací stroje „JUS 26“.

4.4 Celkové ekonomické zhodnocení výrobního postupu

V tabulce č. 41 jsem zaznamenal finanční úspory vzniklé za změny výrobního postupu náboje kola. Úspora mzdových nákladů by vznikla díky zavedení operace obrábění povrchu náboje na „JUS 28“ na jedno upnutí, které bylo použito z experimentu v BP a snížení výrobního času u operace vyvrtávání na „JUS 26“.

Díky změně tvaru náboje a snížení přídatků na obrábění jsem vypočetl roční úsporu spotřebního materiálu ve výši 455 700 Kč.

Nejdůležitější úsporou v novém výrobním postupu je snížení počtu vyřazených obrobků na opravu a neopravitelných nábojů. V částce jsou započítány mzdové náklady na opravu součástky a ztráty ve spotřebním materiálu. Finanční odhad by reálně nebyl plné částky, kterou jsem uvedl v tabulce. Jedná se o maximálně možnou úsporu vypočtenou na základě výroby původního tvaru náboje z předešlého roku. Úsporu jsem vypočetl z celkového množství vyřazených kusů za rok 2017.

Celkové finanční úspory při zavedení nového výrobního postupu náboje kola mohou dosáhnout až 1 327 596 Kč.

Tabulka 48 – Celková roční odhadnutá úspora při zavedení nového postupu

Podnět	Finanční odhad
Úspora mzdových nákladů	367 479
Úspora spotřebního materiálu	455 700
Zpřesnění výroby – zvýšení kvality výroby	504 417
Celková úspora za rok	1 327 596

5. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout optimální výrobní postup nového tvaru náboje kola za použití strojního parku firmy. Výroba náboje měla být zaměřena na přesnost upínání na obráběcích strojích se sníženými přídávky na obrábění výkovku a na návrhu nových technologických podmínek s ohledem na snížení výrobních nákladů.

V úvodní části práce jsem popsal firmu Velosteel Trading a.s. a její požadavky na splnění diplomové práce. Diplomová práce volně navazuje na bakalářskou práci, kde jsem se zabýval posuvovými rychlostmi při obrábění povrchu náboje. Tyto posuvové rychlosti byly použity v novém technologickém postupu.

V teoretické části jsem se zabýval charakteristickými rozdíly původního a nového tvaru náboje kola. Detailně jsem popsal funkčnost volnoběžného náboje s protiřlapací brzdou a popsal kritické části náboje, kde je nutno dodržet přesnost výroby. Při porovnávání jsem vytvořil rozbor obrobků a jejich možné nepřesnosti při výrobě zapříčiněné nesprávnou volbou operace. Následně jsou zde popsány na 3D modelech značné rozdíly v přídávkách na obrábění.

V další části jsem se zaměřil na návrh nového technologického postupu výroby náboje. V technologickém postupu používám výsledky z experimentálních zkoušek, které jsem vyhodnotil za optimální. Jednotlivé operace a jejich detailní technické parametry jsem detailně popsal a u obráběcích operací jsem navrhl řezné podmínky. V experimentální zkoušce práce jsem se zaměřil na operaci vyvrtávání výkovku na JUS 26, kde byly porovnány různé řezné rychlosti. Konečným výsledkem této zkoušky bylo dosažení vyšší životnosti nástroje, kvalitnějšího obrobeného povrchu obrobku za použití vyššího posuvu a vyšší řezné rychlosti $149 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ s nižším strojním časem. Jelikož jsem snížil strojní čas vyvrtávání, docílil jsem vyšší produktivity výroby s finanční úsporou. V experimentu č. 2 jsem zkoušel optimální řezné podmínky při obrábění kulových drah cementovaného náboje. Zjistil jsem, že při snížení řezné rychlosti při soustružení ze $135 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ na $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ dosáhnou výrazného zvýšení životnosti nástroje a další roční finanční úspory. Součástí experimentu č. 1 bylo také dodržet přesnost při vyvrtávání otvoru výkovku. Jedná se o upínací přípravek do vyvrtávacího stroje v označení JUS 26. Navrhl jsem tři možné varianty upínání a detailně jsem popsal jejich klady a zápory. V důsledku některých tvarových nepřesností výkovku jsem došel k závěru, že je nutno použít upínání výkovku za

tělo náboje pomocí prizmatického svěráku. Tato varianta upínání zpřesní výrobu náboje a sníží počet vyřazených obrobků na opravu. Za použití finančních úspor z experimentálních zkoušek ve výši 138 000 Kč by bylo možné realizovat výrobu upínacích přípravků.

V poslední části je vypočtena odhadovaná finanční roční úspora. Výši částky jsem dosáhnul za snížení hmotnosti spotřebního materiálu, snížení mzdových nákladů a zpřesnění výroby. Celková úspora za použití navrženého technologického postupu dle mých posudků může dosáhnout až 1 327 596 Kč.

Pro firmu tato práce byla z technického hlediska velmi prospěšná. Navrhl jsem zde optimální výrobní postup nového tvaru náboje se zřetelem na přesnost a kvalitu finálního výrobku. Z ekonomického hlediska je práce velkým finančním přínosem, protože mohu dosáhnout vysokých úspor, které by mohly být použity pro vývoj firmy.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Musilovi za odborné vedení, za pomoc a cenné rady při zpracování této práce.

Mé poděkování patří také vedení firmy Velosteel Trading a.s, především panu Ing. Pavlu Kuželovi za ochotu, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích práce.

Seznam použité literatury

- [1] FUERBACHER, Ivan, Karel MACEK a Josef STEIDL. *Lexikon technických materiálů - Svazek 1: se zahraničními ekvivalenty*. Praha: Dashöfer Verlag, 2002. ISBN 80- 86229- 02-5.
- [2] GRÚZ, O. *Racionalizace obrábění náboje kola: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2016, 42 s. Vedoucí práce: Vrba, V.
- [3] VELOSTEEL TRADING, a.s., *Technologický postup – náboj kola*, 8.9.2011, 55 s.
- [4] ISCAR Cutting Tools: VBD SPMR 120308 [online]. ISCAR ČR s.r.o.: ISCAR, 2018 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=5592296&fnum=412&mapp=IS>
- [5] Technická dokumentace Velamos: *JUS 28*. Petrov nad Desnou, 1987, 92 s.
- [6] ISCAR Cutting Tools: MTJN 2020 [online]. ISCAR ČR s.r.o.: ISCAR, 2018 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=640&mapp=IS&app=29>
- [7] VELOSTEEL TRADING A.S. *Technická dokumentace: archiv - s. 79*. Loučná nad Desnou, 2003.
- [8] SECO: A20Q-PWLN06 [online]. Brno: Seco Tools CZ, 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/#?section=products>
- [9] StimZet: HSS CO. *Nástroje STIMZET: PN 2915 - DIN 340 RN* [online]. Vsetín [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: http://www.stimzet.cz/data/pn2915_cz.html
- [10] DOZAMET. *Dokumentacja techniczno-ruchowa: oczyszczarki wirnikowej owustokowej owd - 1000A*. Polsko, 1981.
- [11] NESLUŠAN, Miroslav. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábani*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2007, 349 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [12] ŠONSKÝ, Jan. *Jakost výrobků v řízení průmyslu*. 22. vyd. Praha: SNTL, 1983. Péče o jakost, 181 s.
- [13] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2. vyd. Úvaly: ALBRA, c2005, 714 s. ISBN 80-7361-011-6.

- [14] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005, 256 s. ISBN 80-7183-337-1.
- [15] PÍČ, Josef a Přemysl BRENÍK. *Obráběcí stroje: konstrukce a výpočty*. 2., opr. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986, 573 s. Technický průvodce (SNTL).

Seznam příloh

- Příloha A – Výkres nového tvaru výkovku
- Příloha B – Výkres nového tvaru náboje
- Příloha C – Šablona levého suportu soustruhu
- Příloha D – Šablona pravého suportu soustruhu
- Příloha E – Výkres tvaru brusného kotouče
- Příloha F – Protokol naměřených hodnot při kontrole kulových drah
- Příloha G – Mezní třmenové kalibry pro kontrolu vnějších průměrů